



MINISTRY OF NATURAL RESOURCES AND ENVIRONMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION  
FEDERAL SERVICE FOR HYDROMETEOROLOGY AND ENVIRONMENTAL MONITORING

Federal State Budgetary Institution  
"NORTH CAUCASIAN DEPARTMENT FOR HYDROMETEOROLOGY AND ENVIRONMENTAL MONITORING"

Federal State Budgetary Institution  
"CASPIAN MARINE SCIENTIFIC RESEARCH CENTER"

Federal State Budgetary Institution  
"STATE OCEANOGRAPHIC INSTITUTE NAMED AFTER N.N.ZUBOV"

Federal State Budgetary Institution  
"SCIENCE AND PRODUCTION ASSOCIATION "TYPHOON"

## **REVIEW**

**of the state and pollution of the marine environment in the  
north-western part of the Caspian Sea in 2013**

**Edited by S.K. Monakhov**

**Astrakhan 2014**

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ И ЭКОЛОГИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
**«СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ»**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
**«КАСПИЙСКИЙ МОРСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
**«ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОКЕАНОГРАФИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМЕНИ Н.Н. ЗУБОВА»**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
**«НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ТАЙФУН»**

## **О Б З О Р**

**состояния и загрязнения морской среды  
северо-западной части Каспийского моря в 2013 году**

**Под редакцией С.К. Монахова**

**Астрахань 2014**

УДК 504.064

ББК 20.1

## **ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2013 ГОДУ**

Под редакцией к.г.н. С.К. Монахова

В Обзоре рассматриваются состояние и загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря (в пределах российского сектора недропользования) за 2013 год по данным наблюдений, организованных в рамках реализации «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» (Росгидромет). В работе над материалами для Обзора принимали участие оперативные и научные подразделения Росгидромета: ФГБУ «Северо-Кавказское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», ФГБУ «Астраханский ЦГМС», ФГБУ «Дагестанский ЦГМС», ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр», ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н.Зубова», ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун». Обобщение материалов выполнено в Каспийском морском научно-исследовательском центре. Обзор предназначен для широкой общественности, ученых и специалистов в области мониторинга и охраны природных вод как в регионе Каспийского моря, так и за его пределами.

## **REVIEW OF THE STATE AND ENVIRONMENT IN THE NORTH-WESTERN PART OF THE CASPIAN SEA IN 2013**

Edited by S. Monakhov

The review considers the state and pollution of the marine environment in the north-western part of the Caspian Sea (within the boundaries of the Russian subsoil sector) in 2013. The observations were organized within the framework of the "Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012 - 2014" (Roshydromet). The following operational and research institutes of Roshydromet were involved in the project implementation: FSBI "North-Caucasian Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring", FSBI "Astrakhan Hydrometeorological Centre", FSBI "Dagestan Hydrometeorological Centre", FSBI "Caspian Marine Scientific Research Center", FSBI "State Oceanographic Institute named after N.N. Zubov", FSBI "Science and production association "Typhoon". General conclusion is prepared by the Caspian Marine Scientific Research Center. The review is addressed to the public and professionals concerned with natural waters monitoring and protection in and outside the Caspian Sea region.

ISBN 978-5-91910-319-6

© Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014

© Составление и оформление: Каспийский морской научно-исследовательский центр, 2014

## Содержание

	Стр.
Введение	7
1 Организация и проведение работ	8
2 Гидролого-гидрохимические условия	13
3 Литолого-химические условия	15
4 Загрязненность морских вод и донных отложений	18
5 Стойкие органические загрязнители	27
6 Комплексная оценка загрязнения и качества морской среды	30
7 Оценка водообмена и трансграничного переноса загрязняющих веществ	35
8 Межгодовые изменения состояния и загрязнения морской среды	37
Заключение	42

## Исполнители

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

А.А. Базелюк

*«Астраханский ЦГМС» - филиал:*

Ф.Ш. Ильзова, Е.А. Конотопова, Е.Н.Баранникова, Т.В.Калюжная, Х.З. Утебалиева, О.В. Торбановская

*«Дагестанский ЦГМС» - филиал:*

Д.П. Поставик, С.Ш. Османова, А.А. Дадашева, Г.М. Сафин, Н.В. Шалапутин, А.М. Магомедов, Е.В. Батманова

*ФГБУ «Каспийский морской научно-исследовательский центр»:*

С.К. Монахов, Е.В. Островская, О.И. Есина, Г.А. Монахова, В.О. Татарников, Е.В.Гаврилова, И.Г. Радованова, Н.С. Чернышова, А.В. Суслов, И.Н. Волков, Е.Н. Коноваленко, О.В. Енина, К.И. Асаева, О. И.Холина

*ФГБУ «Государственный океанографический институт им. Н.Н. Зубова»:*

А.А. Постнов, А.Н. Коршенко, А.Н. Крутов, А.А. Аляутдинов, В.А. Аляутдинов, И.С. Матвеева

*ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун»:*

Д.П. Самсонов, А.И. Кочетков, Г.М. Хомушку, А.Г. Пантюхина, Е.М. Пасынкова, Н.В.Степанова, Н.И. Колесникова

*Общество с ограниченной ответственностью «Инфомар»:*

С.К. Попов, А.Л. Лобов

## Table of contents

Introduction	45
1 Management and implementation of activities	46
2 Hydrological and hydrochemical conditions	51
3 Lithological and chemical conditions	53
4 Pollution of sea water and bottom sediments	56
5 Persistent organic pollutants	65
6 Integrated assessment of marine environmental pollution and quality	68
7 Assessment of water exchange and transboundary transfer of pollutants	73
8 Interannual changes of the state and pollution of the marine environment	75
Conclusion	79

## Executors

*FSBI "North Caucasian Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring:*

A.Bazelyuk

*"Astrakhan Hydrometeorological Centre" - branch:*

F.Ilzova, E.Konotopova, E.Barannikova, T.Kalyuzhnaya, H.Utebaliyeva, O.Torbanovskaya

*"Dagestan Hydrometeorological Centre" - branch:*

D.Postavik, S.Osmanova, N.Shalaputin, A.Magomedov, A.Dadasheva, E.Batmanova

*FSBI "Caspian Marine Scientific Research Center"*

S.Monakhov, E.Ostrovskaya, O.Esina, G.Monakhova, V.Tatarnikov, E.Gavrilova, M.Voynova, I.Radovanova, N.Chernyshova, A.Suslov, I.Volkov, E.Konovalenko, K.Asaeva, O.Kholina

*FSBI "State Oceanographic Institute named after N.N.Zubov"*

A.Korshenko, A.Krutov, V.Alyautdinov, I.Matveeva

*"Science and Production Association "Typhoon"*

D.Samsonov, A.Kochetkov, G.Khomushku, A.Pantuykhina, E.Pasynkova, N.Stepanova, N.Kolesnikova

*Limited Liability Society "Infomar":*

S.Popov, A.Lobov

## Введение

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2013 году стали продолжением работ, начатых в 2012 г. в соответствии с «Программой мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.», утвержденной УМЗА Росгидромета.

Объектом исследований в соответствии с данной программой является северо-западная часть Каспийского моря, ограниченная со стороны суши береговой линией РФ, а со стороны моря – международными линиями разграничения морского дна в целях недропользования, установленными в соответствии с соглашениями, которые Российская Федерация заключила с Республикой Казахстан и Азербайджанской Республикой в период с 1998 по 2002 год. Данная акватория именуется российским сектором недропользования Каспийского моря (сокращенно РСНП). Соответственно к трансграничным водным объектам Каспийского моря относятся Северный и Средний Каспий – части моря, имеющие черты собственного режима, в пределах которых расположен РСНП.

Основные задачи «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» определены следующим образом:

- возобновление систематических наблюдений за загрязнением морской среды на вековых разрезах Северного Каспия, где они были прекращены в начале 90-х годов прошлого столетия;
- расширение сети наблюдений за загрязнением морской среды за счет станций, расположенных по периметру РСНП, и станций международной программы мониторинга;
- совершенствование методов и технологий диагноза загрязненности, оценки качества морской среды;
- увеличение полноты, достоверности и значимости информации о состоянии и загрязнении Каспийского моря, предоставляемой потребителям;
- выполнение международных обязательств РФ по осуществлению совместного мониторинга Каспийского моря.

В 2013 году в рамках «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» были проведены три широкомасштабные экспедиции и выполнен большой объем лабораторных исследований, в которых принимали участие специалисты оперативно-производственных и научных учреждений Росгидромета: Астраханского и Дагестанского ЦГМС, Каспийского морского научно-исследовательского центра (КаспМНИЦ), Государственного океанографического института (ГОИН), Научно-производственного объединения «Тайфун». На основе полученных материалов был подготовлен 4-х томный научно-технический отчет.

В настоящем обзоре в обобщенном виде представлены основные результаты исследований, выполненных в 2013 году. Обзор состоит из нескольких разделов. Первый раздел содержит информацию об организации и проведении работ. Далее следуют разделы, характеризующие гидролого-гидрохимические, литолого-химические условия, пространственно-временную изменчивость загрязненности морских вод и донных отложений в период проведения экспедиционных работ. Отдельные разделы посвящены комплексной оценке загрязнения морской среды и результатам специальных исследований, выполненных в 2013 году в рамках научно-технического обеспечения мониторинга трансграничных водных объектов. Завершается обзор подведением основных итогов выполненных работ.

## 1. Организация и проведение работ

В 2013 году экспедиционные работы в рамках мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря выполнялись в 10 районах и на 7 разрезах (в т.ч. 3 «вековых»), на 104 морских пунктах (океанографических станциях) (рис. 1 и табл. 1).

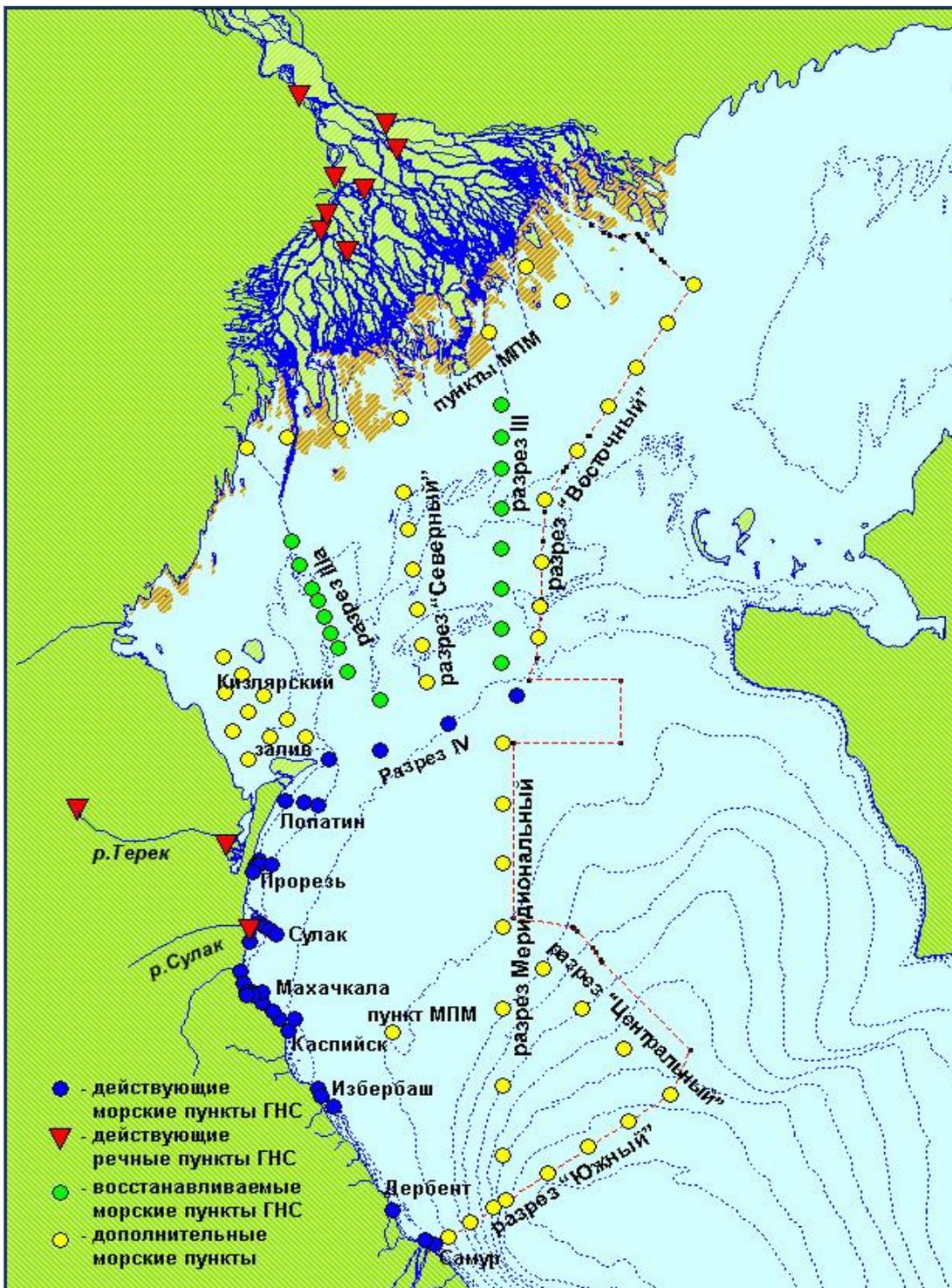


Рис. 1 Схема расположения пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2013 году

Экспедиционные работы выполнялись в 3 этапа. Первый этап охватывал период с 18 июля по 5 августа, второй – с 5 сентября по 2 октября, третий – с 10 ноября по 16 декабря. На втором этапе исследования проводились по полной программе, на первом и третьем – по сокращенной (летом район исследований покрывал открытую часть Северного Каспия и прибрежную акваторию Среднего Каспия; поздней осенью – Северный Каспий и прибрежную акватория Среднего Каспия).

Для удобства акватория РСНП была разбита на две зоны ответственности: 1) зона ответственности Астраханского ЦГМС, которая включала в себя Северный Каспий (за исключением Кизлярского залива); 2) зона ответственности Дагестанского ЦГМС, которая включала в себя Кизлярский залив и Средний Каспий.

В экспедиционных работах принимали участие суда, оборудованные всем необходимым для проведения экспедиционных работ в мелководных и глубоководных районах Каспийского моря (спутниковой навигационной системой, метеорологической станцией, гидрологической лебедкой, приборами для отбора проб и проведения химических анализов 1 дня).

Все судовые метеорологические, гидрологические и гидрохимические наблюдения, а также отбор проб воды, донных отложений и взвеси проводились в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (РД, ГОСТ, ГОСТ Р), наставлениями, руководствами, методическими указаниями. Для проведения наблюдений и измерений использовались поверенные средства, аттестованные в Государственном реестре средств измерения.

Химический анализ проб воды, отобранных в зоне ответственности Астраханского ЦГМС, на биогенные элементы, а также проб воды и донных отложений на нестойкие органические загрязнители (нефтепродукты и СПАВ) проводился в аккредитованной лаборатории Астраханского ЦГМС.

Химический анализ проб воды, отобранных в зоне ответственности Дагестанского ЦГМС, на биогенные элементы, а также на нестойкие органические загрязнители (нефтепродукты и СПАВ) проводился в аккредитованной лаборатории Дагестанского ЦГМС. Анализ проб донных отложений, отобранных в зоне ответственности Дагестанского ЦГМС, на нестойкие органические загрязнители проводился в аккредитованной лаборатории Астраханского ЦГМС.

Анализ гранулометрического состава донных отложений, независимо от того, где были отобраны пробы, проводился КаспМНИЦ с привлечением специализированных аккредитованных организаций. Анализ всех проб воды, взвеси и донных отложений на тяжелые металлы, независимо от того, где они были отобраны, проводился аккредитованной лабораторией Астраханского ЦГМС. Анализ проб воды и донных отложений на стойкие органические загрязнители (ХОП, ПХБ, ПАУ и фталаты) проводился НПО «Тайфун».

Метеорологические наблюдения проводились во всех пунктах, гидрологические и гидрохимические – также во всех пунктах в поверхностном и придонном слоях воды, за исключением мелководных районов, где эти наблюдения охватывали только поверхностный слой воды. Литолого-химические наблюдения проводились во всех пунктах. Определение нестойких органических загрязнителей и тяжелых металлов проводилось во всех пробах воды и донных отложений. Отбор и анализ проб взвеси проводился в основном в мелководных районах. Анализ проб воды и донных отложений на стойкие органические загрязнители носил избирательный характер с ориентацией на станции международной программы мониторинга.

Организационно-методическое и научно-техническое обеспечение работ осуществлялось ФГБУ «КаспМНИЦ». К научно-техническому обеспечению работ привлекались ФГБУ «ГОИН», ФГБУ «НПО «Тайфун» и ООО «Инфомар». Научно-технический отчет и настоящий обзор подготовлены совместными усилиями ФГБУ «КаспМНИЦ» и ФГБУ «ГОИН» под редакцией С.К. Монахова – директора ФГБУ «КаспМНИЦ», кандидата географических наук.

Таблица 1

Перечень районов и пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2013 г.

Наименование и/ или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
<b>1. Пункты МПМ на взморье Волги</b>		
1мп	49° 16' 05.2"	45° 54' 56.43"
2мп	49° 08' 00"	46° 15' 00"
3мп	49° 04' 23.17"	46° 03' 19.24"
4мп	48° 51' 25.97"	45° 47' 06.78"
5мп	48° 16' 00"	45° 41' 04"
6мп	48° 01' 48.37"	45° 23' 11.86"
7мп	48° 01' 00"	45° 37' 07"
8мп	47° 43' 35.46"	45° 20' 48.50"
9мп	47° 46' 08"	45° 23' 07"
<b>2. Разрез Восточный</b>		
1в	50° 01' 05"	45° 58' 41"
2в	49° 51' 54"	45° 49' 12"
3в	49° 41' 42"	45° 38' 20"
4в	49° 32' 02"	45° 28' 41"
5в	49° 21' 22"	45° 17' 35"
6в	49° 10' 30"	45° 05' 35"
7в	49° 09' 36"	44° 49' 48"
8в	49° 09' 00"	44° 38' 35"
9в	49° 08' 17"	44° 30' 36"
10в (ст.4 разреза IV)	49° 01'	44° 16'
<b>3. Разрез III ГНС</b>		
3.1	48° 56'	45° 29'
3.2	48° 56'	45° 21'
3.3	48° 56'	45° 13'
3.4	48° 56'	45° 03'
3.5	48° 56'	44° 53'
3.6	48° 56'	44° 43'
3.7	48° 56'	44° 33'
3.8	48° 56'	44° 18'
<b>4. Разрез Северный</b>		
1с	48° 22' 48"	45° 07' 08"
2с	48° 24' 14"	44° 58' 05"
3с	48° 25' 55"	44° 47' 53"
4с	48° 27' 25"	44° 37' 55"
5с	48° 29' 06"	44° 28' 44"
6с	48° 30' 47"	44° 19' 19"
7с (ст. 3 разреза IV)	48° 38'	44° 09'
<b>5. Разрез IIIa ГНС</b>		
3а.1	47° 45'	44° 55'
3а.2	47° 48'	44° 49'
3а.3	47° 52'	44° 43'
3а.4	47° 54'	44° 40'
3а.5	47° 56'	44° 36'
3а.6	47° 58'	44° 32'
3а.7	48° 01'	44° 28'
3а.8	48° 04'	44° 22'
3а.9	48° 08'	44° 15'
3а.10 (ст.2 разреза IV)	48° 15'	44° 02'

Наименование и/ или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
<b>6. Кизлярский залив</b>		
1к	47° 22' 01"	44° 25' 48"
2к	47° 28' 19"	44° 21' 14"
3к	47° 35' 35"	44° 15' 54"
4к	47° 43' 34"	44° 10' 08"
5к	47° 49' 52"	44° 05' 24"
6к (ст.1 разреза IV)	47° 57' 36"	44° 00' 00"
7к	47° 22' 30"	44° 16' 55"
8к	47° 30' 32"	44° 11' 53"
9к	47° 37' 48"	44° 05' 35"
10к	47° 24' 58"	44° 07' 08"
11к (ст. 8мп)	47° 30' 32"	44° 00'
<b>7. Лопатин</b>		
4	47° 43' 07"	43° 49' 08"
5	47° 49' 07"	43° 49' 01"
6	47° 54' 02"	43° 48' 02"
<b>8. Прорезь</b>		
7	47° 34' 20"	43° 34' 08"
8	47° 33'	43° 33'
9	47° 34' 06"	43° 33'
10 (ст. 9мп)	47° 38' 07"	43° 33'
11	47° 32' 07"	43° 31' 06"
<b>9. Сулак</b>		
12	47° 34' 60"	43° 18'
13	47° 36'	43° 17'
14	47° 38'	43° 16'
15 (ст. 10мп)	47° 40'	43° 15'
16	47° 31' 80"	43° 13'
<b>10. Махачкала</b>		
37	47° 28' 40"	43° 05' 08"
38	47° 29' 07"	43° 02' 06"
17	47° 30' 05"	43° 00' 40"
19	47° 35' 07"	43° 00' 03"
18	47° 32' 06"	43° 00' 05"
21 (ст. 11мп)	47° 35' 07"	43° 00' 04"
36	47° 32' 06"	42° 59' 02"
35	47° 35' 03"	42° 57' 06"
20	47° 30' 40"	42° 59' 40"
<b>11. Каспийск</b>		
23	47° 41'	42° 53' 08"
22	47° 39' 04"	42° 55' 07"
39 (ст. 12мп)	47° 44' 01"	42° 50'
40	47° 46' 06"	42° 53' 06"
<b>12. Избербаш</b>		
24 (ст. 13мп)	47° 55' 06"	42° 33' 06"
25	47° 59' 06"	42° 30' 08"
26	47° 54' 08"	42° 35'
<b>13. Дербент</b>		
27	48° 19' 40"	42° 03' 05"
28 (ст. 14мп)	48° 19'	42° 03' 09"

Наименование и/ или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
<b>14. Самур</b>		
29	48° 33' 04"	41° 54' 20"
30 (ст. 15мп)	48° 30'	41° 55' 40"
<b>15. Разрез Меридиональный</b>		
1м	48° 56' 13"	44° 03' 50"
2м	48° 56' 13"	43° 48' 29"
3м	48° 56' 13"	43° 33' 11"
4м	48° 56' 13"	43° 16' 44"
5м	48° 56' 13"	42° 55' 41"
6м	48° 56' 13"	42° 35' 42"
7м	48° 56' 13"	42° 17' 24"
<b>16. Разрез Центральный</b>		
1ц	49° 10' 01"	43° 05' 56"
2ц	49° 23' 17"	42° 55' 52"
3ц	49° 37' 19"	42° 45' 18"
4ц	49° 53' 06"	42° 33' 22"
<b>17. Разрез Южный</b>		
1ю	48° 38' 02"	41° 55' 55"
2ю	48° 45' 18"	41° 59' 46"
3ю	48° 53' 02"	42° 03' 43"
4ю	48° 57' 11"	42° 05' 42"
5ю	49° 11' 28"	42° 12' 43"
6ю	49° 25' 16"	42° 19' 34"
7ю	49° 38' 49"	42° 26' 10"

В целях обобщения полученных данных и анализа пространственно-временной изменчивости параметров состояния и загрязнения морской среды базовые районы проведения экспедиционных работ были объединены в более крупные районы в соответствии со схемой, приведенной в таблице 2.

Таблица 2

## Схема укрупнения районов проведения экспедиционных работ

Укрупненные районы	Базовые районы	Глубина, м
Прибрежная акватория Северного Каспия	Пункты МПМ на взморье Волги Кизлярский залив	3-6
Открытая часть Северного Каспия	Разрез Восточный Разрез III ГНС Разрез Северный Разрез IIIa ГНС	5-25
Прибрежная акватория Среднего Каспия	Северный район (Лопатин, Прорезь, Сулак) Центральный район (Махачкала, Каспийск) Южный район (Изберг, Дербент, Самур)	5-25
Открытая часть Среднего Каспия	Разрез Меридиональный Разрез Центральный Разрез Южный	25-650

## 2. Гидролого-гидрохимические условия

### Температура воды

Летом 2013 года температура воды в северо-западной части моря составляла 25-27°C на поверхности и 21-24°C в придонном слое (табл. 3). Ранней осенью, по мере усиления штормовой активности, температура воды у поверхности и в более глубоких слоях выровнялась; стратификация сохранилась только в глубоководной части Среднего Каспия. Самая высокая температура воды в это время наблюдалась в мелководной части Северного Каспия (22°C) (рис. 2). Поздней осенью сезонное выхолаживание воды происходило более интенсивно в прибрежных районах, тогда как в открытом море вода остывала медленнее.

### Соленость воды

Решающими факторами, определяющими динамику солености в северо-западной части моря, являются сток Волги и течение, несущее опресненные воды вдоль западного побережья. В силу названных причин, соленость морской воды в 2013 г., как обычно, повышалась в направлении от берега в море и от поверхности ко дну (табл. 3, рис. 2). В июле под влиянием прошедшего половодья соленость Северного Каспия была самой низкой, позднее динамика солености была обусловлена флуктуациями вдольберегового течения, ранней осенью оно ослабело и, как следствие соленость повысилась, а поздней осенью вновь усилилось, – и соленость, соответственно, снизилась.

### Растворенный кислород

В 2013 году кислородные условия в северо-западной части моря были достаточно благоприятными (табл. 4). В продуктивных районах образования зон гипоксии не зафиксировано; относительный кислородный дефицит наблюдался в придонных водах открытой части Среднего Каспия (3,9 мг/л), при этом на глубине более 600 метров кислород отсутствовал (этот факт требует подтверждения). Наибольших значений концентрация кислорода в воде достигла поздней осенью – вследствие повышения его растворимости в холодной воде и усиления ветрового перемешивания.

**Таблица 3**

Температура и соленость воды в северо-западной части Каспийского моря в 2013 году

		Температура воды, °С								
Часть моря	Акватория	лето			ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин	ср	макс	мин
Поверхностный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	21,2	22,2	19,5	12,2	12,6	11,5
	открытая	26,9	28,5	24,9	14,9	17,4	13,0	10,7	13,9	8,3
Средний Каспий	прибрежная	24,8	28,3	18,6	17,1	21,2	13,4	7,1	10,8	2,8
	открытая	-	-	-	15,2	15,7	14,5	-	-	-
Придонный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	21,4	21,9	20,5	12,3	12,6	11,8
	открытая	24,2	27,4	16,2	14,9	17,3	12,4	11,0	13,8	8,2
Средний Каспий	прибрежная	20,9	25,6	11,0	17,1	21,7	13,0	7,1	10,7	3,0
	открытая	-	-	-	7,5	14,4	5,3	-	-	-
Соленость воды, ‰										
Часть моря	Акватория	лето			ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин	ср	макс	мин
Поверхностный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	5,6	10,0	0,2	4,9	10,5	0,4
	открытая	7,4	11,2	2,3	9,4	12,1	2,4	8,7	12,3	3,4
Средний Каспий	прибрежная	11,0	12,3	7,7	10,5	12,0	7,3	10,2	12,0	6,3
	открытая	-	-	-	11,7	12,3	10,6	-	-	-
Придонный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	9,3	10,3	8,1	8,0	10,8	5,7
	открытая	8,3	12,3	2,4	9,9	12,2	8,5	9,4	12,4	5,3
Средний Каспий	прибрежная	11,6	12,7	10,0	11,0	12,2	8,5	11,0	12,3	8,7
	открытая	-	-	-	12,3	13,1	11,0	-	-	-

Таблица 4

Растворенный кислород в водах северо-западной части Каспийского моря в 2013 году, мг/л

Часть моря	Акватория	лето			ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин	ср	макс	мин
Поверхностный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	8,7	9,4	8,2	10,4	11,5	9,8
	открытая	7,8	8,7	6,7	9,7	10,6	8,7	10,7	11,6	9,6
Средний Каспий	прибрежная	7,7	8,5	6,6	8,9	9,8	7,6	11,4	12,9	9,9
	открытая	-	-	-	9,2	9,7	8,9	-	-	-
Придонный слой										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	8,0	8,4	7,6	10,0	10,5	9,6
	открытая	6,3	8,4	2,4	9,4	10,3	8,0	10,2	11,4	8,8
Средний Каспий	прибрежная	7,1	8,2	5,8	8,7	9,5	7,7	11,0	12,2	9,2
	открытая	-	-	-	3,9	8,5	0	-	-	-

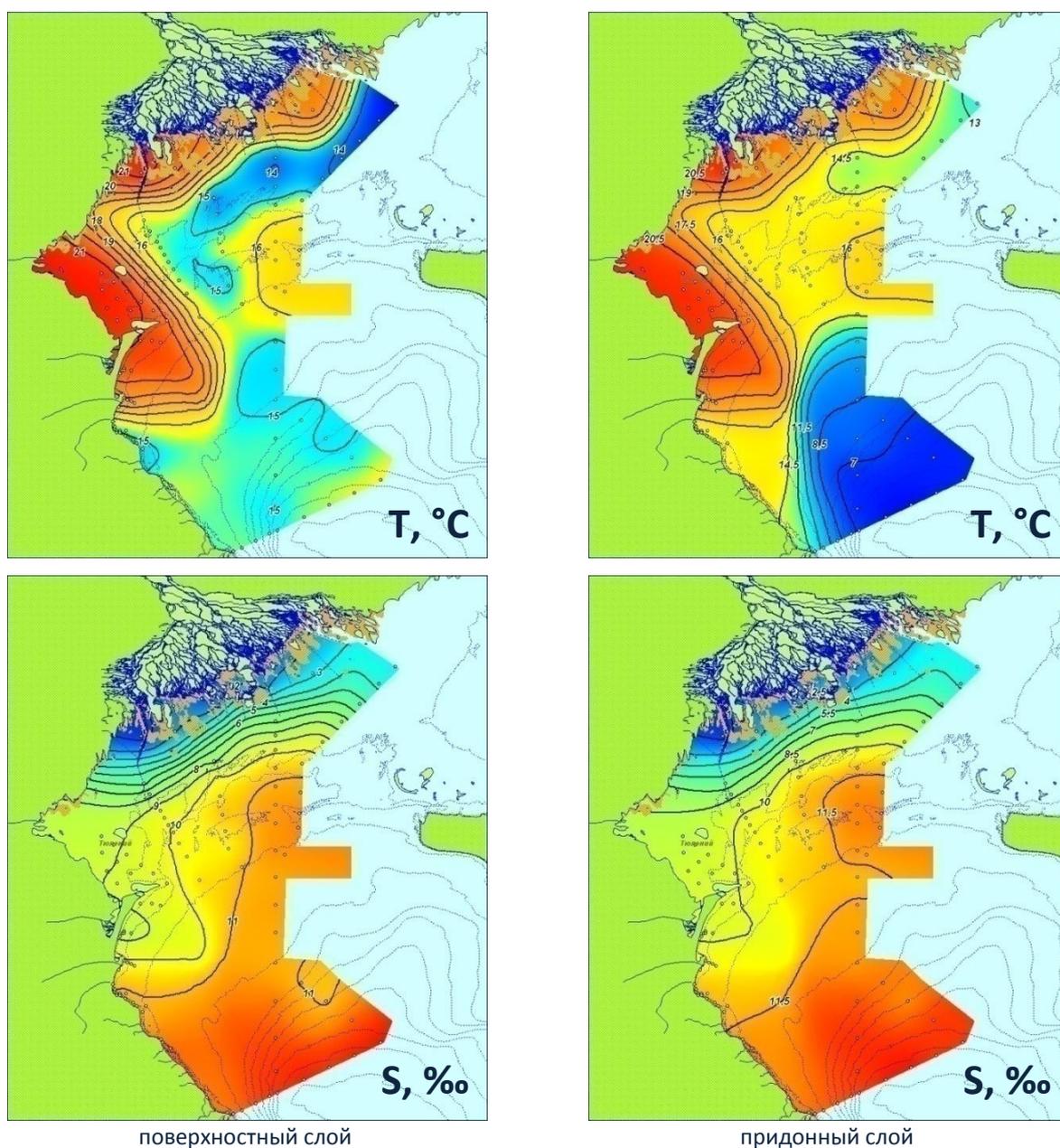


Рис. 2 Пространственное распределение температуры и солёности воды в северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 года

### 3. Литолого-химические условия

#### *Лето*

Летом 2013 года в донных отложениях открытой части Северного Каспия преобладал мелкий песок (40%), примерно в равных долях присутствовали ракушка (18%), крупный песок (20%) и алеврит (18%) и небольшое количество пелита (4%). На Дагестанском шельфе в это время, напротив, пелит в осадках доминировал (43%), по 20% приходилось на долю ракушки и мелкого песка, 10% составляли крупный песок и алеврит (табл. 5).

#### *Ранняя осень*

Ранней осенью в *прибрежной акватории Северного Каспия* (взморье Волги и Кизлярский залив) основную массу донных осадков составляли мелкий песок и пелит (по 30%); еще одна треть приходилась на крупный песок (16%) и алеврит (17%); доля ракушки была небольшой – менее 10% (табл. 5). Основные зоны аккумуляции иловой фракции находились в Кизлярском заливе. Там же, а также в северной части Волжской бороздины, повышалось содержание алеврита (рис. 3). Мелкий песок в основном накапливался в пределах устьевого взморья Волги, особенно в районе Волго-Каспийского канала; крупный песок, напротив, скапливался в восточной части мелководной зоны (рис. 3).

В *открытой части Северного Каспия* донные отложения были сложены крупнозернистыми фракциями – ракушкой (20%), крупным и мелким песком (33% и 31%); мелкозернистые фракции – алеврит и пелит – были представлены в небольшом количестве (11% и 5%). Аккумуляция крупнозернистых фракций происходила в основном в районе Мангышлакского порога, разделяющего Северный и Средний Каспий, а также в восточной части Северного Каспия; в западной части – вблизи о. Чечень – повышалась доля пелита (рис. 3).

В Среднем Каспии в сентябре-октябре 2013 года иловая фракция доминировала на всей акватории (53-57%), в зонах аккумуляции (северная часть Дагестанского шельфа и склон Дербентской котловины) ее содержание доходило до 98% (табл. 5, рис. 3). В отношении остальных составляющих донных отложений фракционный состав различался: в прибрежной зоне Среднего Каспия было больше мелкого песка (18%), а в глубоководной части – ракушки (23%). Доля крупного песка и алеврита в донных осадках Среднего Каспия была еще меньше – примерно по 10% в прибрежной зоне и по 5% – в открытой части.

#### *Поздняя осень*

Поздней осенью соотношение фракций в составе донных отложений в Северном Каспии не изменилось; изменения в содержании были небольшими и не отразились на общей картине распределения (табл. 5). Среди этих изменений следует отметить увеличение доли пелита в грунтах открытой части Северного Каспия с 5 до 10% (на фоне уменьшения количества мелкого песка). На Дагестанском шельфе поздней осенью иловая фракция по-прежнему преобладала (хотя ее количество несколько снизилось – до 44%), однако соотношение остальных фракций изменилось – повысилась доля ракушки (20%) и крупного песка (15%) и сократилось содержание мелкого песка (11%).

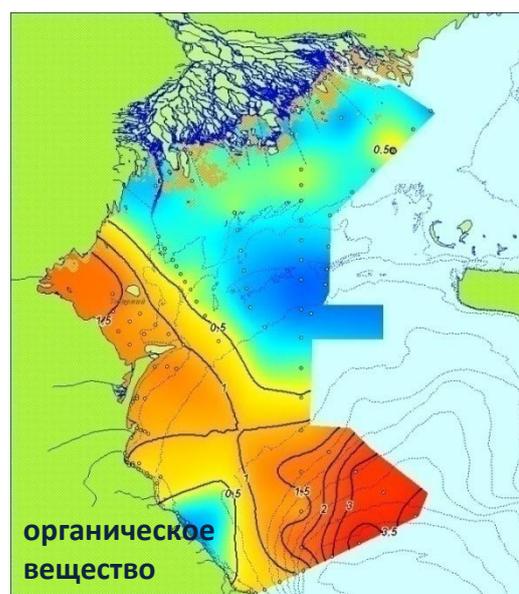
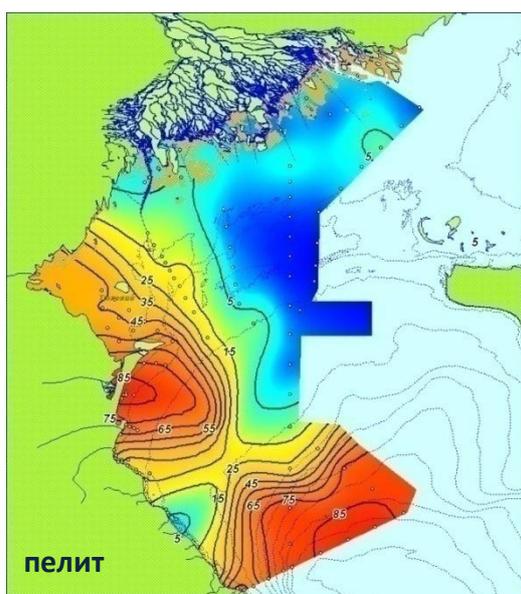
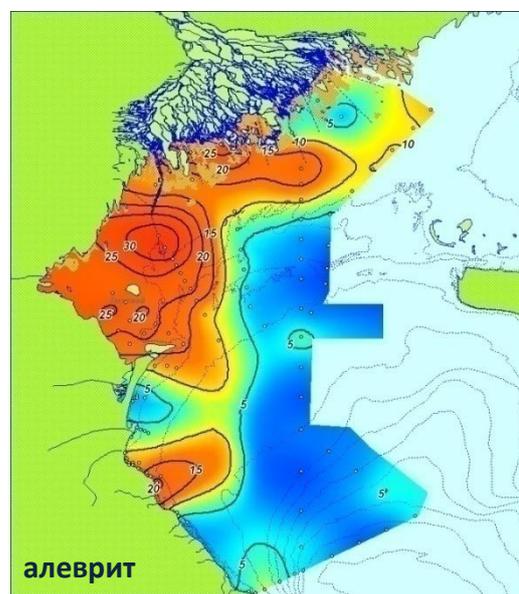
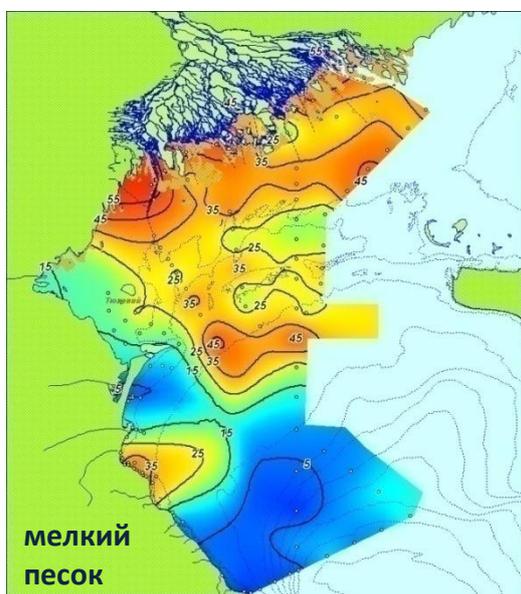
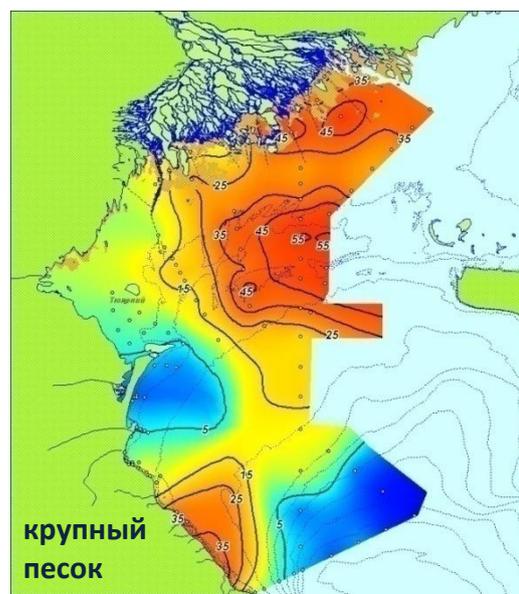
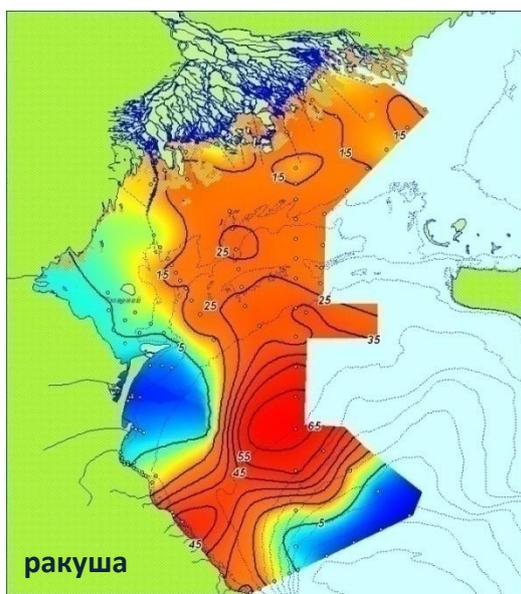
#### *Органическое вещество*

Динамика органического вещества в современных морских осадках северо-западной части моря во многом схожа с динамикой пелита. Зоны аккумуляции органического вещества в Среднем Каспии локализуются в северной части Дагестанского шельфа и на склоне Дербентской котловины, в Северном Каспии – в северной части Волжской бороздины (рис. 3).

Таблица 5

Содержание различных гранулометрических фракций и органического вещества в донных осадках в северо-западной части Каспийского моря в 2013 году, %

Часть моря	Акватория	лето			ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин	ср	макс	мин
<b>Ракуша (размер частиц более 1,6 мм)</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	9,2	40,3	0	7,7	30,7	0
	открытая	17,5	86,2	0,2	20,3	63,9	0,5	23,1	70,5	0,4
Средний Каспий	прибрежная	17,4	84,1	0	9,6	77,3	0	19,8	81,8	0
	открытая	-	-	-	22,6	78,3	0	-	-	-
<b>Крупный песок (1,6-0,4 мм)</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	16,0	70,1	0,9	14,0	61,1	1,0
	открытая	20,4	87,8	0,8	32,7	80,5	1,7	25,5	82,9	1,4
Средний Каспий	прибрежная	10,0	60,0	0,1	11,1	59,0	0	14,5	50,5	0
	открытая	-	-	-	5,6	18,8	0	-	-	-
<b>Мелкий песок (0,4-0,1 мм)</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	29,0	73,2	6,9	26,9	63,2	7,0
	открытая	40,3	73,1	1,5	31,1	83,8	3,6	30,0	82,5	0,9
Средний Каспий	прибрежная	19,1	78,1	0,2	17,7	85,6	0,4	11,0	54,1	1,4
	открытая	-	-	-	10,8	79,5	0,57	-	-	-
<b>Алеврит (0,1-0,063 мм)</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	17,2	50,2	0,2	22,8	57,2	1,4
	открытая	17,5	64,4	0,1	11,1	50,0	0,3	11,1	53,5	0,1
Средний Каспий	прибрежная	10,8	47,9	0,1	8,6	52,3	0,1	11,2	56,5	0,1
	открытая	-	-	-	4,3	23,6	0,9	-	-	-
<b>Пелит (менее 0,063 мм)</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	28,6	73,1	0,3	28,6	72,3	0,4
	открытая	4,4	46,7	0,1	5,0	55,1	0,03	10,4	79,7	0,2
Средний Каспий	прибрежная	42,8	99,4	0,4	52,8	97,7	0,3	43,5	95,2	0
	открытая	-	-	-	56,7	97,2	0,6	-	-	-
<b>Органическое вещество</b>										
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	0,86	2,78	0,09	1,01	2,43	0,11
	открытая	0,39	1,36	0,10	0,28	0,81	0,05	0,52	3,56	0,05
Средний Каспий	прибрежная	1,12	2,80	0,07	0,93	2,96	0	0,98	3,45	0
	открытая	-	-	-	1,84	4,36	0,27	-	-	-



**Рис. 3** Пространственное распределение гранулометрических фракций и органического вещества в донных отложениях(%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 года

#### 4. Загрязненность морских вод и донных отложений

Для диагноза загрязненности морской среды наряду со средней концентрацией в работе использовали также фоновую концентрацию, которую вычисляли как медиану пространственного ряда данных по аналогии с геохимическим фоном. Фоновая концентрация в данном случае характеризует вклад внешних по отношению к исследуемой акватории источников, поэтому разность между средней и фоновой концентрацией можно считать индикатором вклада локальных процессов (загрязнения или очищения) в загрязненность морской среды.

##### **Нефтепродукты**

Летом концентрация нефтепродуктов (НП) в воде в районах моря, охваченных наблюдениями (открытая часть Северного Каспия и прибрежная акватория Среднего Каспия), колебалась от 0 до 0,22 мг/л и в среднем составила 0,10 мг/л (табл. 6). Ранней осенью концентрация нефтепродуктов 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.

На картах пространственного распределения нефтепродуктов в поверхностном и придонном слое воды (рис. 4) хорошо видно, что ранней осенью повышенная концентрация НП была приурочена к мелководной зоне устьевого взморья Волги, что указывает на поступление нефтепродуктов в море с волжскими водами. Также легко заметить, что зона загрязненных нефтепродуктами морских вод ( $>0,05$  мг/л) не выходила за границу российского сектора недропользования на всем ее протяжении, за исключением небольшого участка на северо-востоке, где волжские воды напрямую следуют в казахстанский сектор недропользования.

Поздней осенью концентрация нефтепродуктов в районах моря, охваченных наблюдениями (Северный Каспий и прибрежная акватория Среднего Каспия), колебалась от 0 до 0,12 мг/л, а в среднем составила 0,05 мг/л. Из приведенных данных следует, что концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части моря в 2013 г. снизилась от лета к зиме в 2 раза. Средняя концентрация летом составила 2 ПДК, поздней осенью – 1 ПДК; максимальная концентрация летом была равна 4,4 ПДК, поздней осенью – 2,4 ПДК (в России ПДК нефтепродуктов в морской воде равна 0,05 мг/л).

В 2013 г. средняя по укрупненным районам концентрация нефтепродуктов в донных отложениях северо-западной части моря летом составила 35-40 мг/кг; ранней осенью – 9-26 мг/кг, поздней осенью – 16-24 мг/кг (табл. 6). Временные изменения, по-видимому, были обусловлены осаждением нефтепродуктов на дно моря вместе с взвесью и их транспортировкой уже во взвешенном состоянии из мелководных в глубоководные районы моря.

Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях северо-западной части моря в 2013 г. (рис. 4) подтверждает закономерность, обнаруженную в ходе мониторинга трансграничных водных объектов в 2012 г. – повышение концентрации происходило в направлении от берега в сторону глубоководной Дербентской котловины, аккумулирующей в своих осадках илистые наносы, органическое вещество и вместе с ними нефтепродукты (рис. 4).

##### **СПАВ**

В 2013 г. средняя концентрация СПАВ в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 0,015-0,023 мг/л; ранней осенью – 0,017-0,048 мг/л, поздней осенью – 0,015-0,079 мг/л (табл. 6). В донных отложениях летом она была равна 9,9-10,6 мкг/г, ранней осенью – 2,2-16,6 мкг/г, поздней осенью – 6,2-26,9 мкг/г.

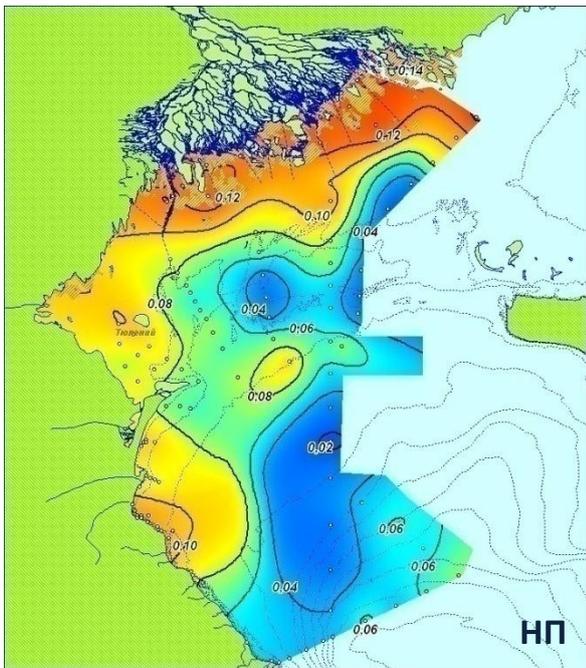
Временные изменения трудно объяснить, если не принимать во внимание, что метод определения СПАВ учитывает ПАВ не только искусственного, но и биогенного происхождения. В этом случае становится понятным постепенное повышение их концентрации от лета к осени и характер пространственного распределения (рис. 5), которое в воде совпадает с распределением фитопланктона, а в донных отложениях – с распределением моллюсков-фильтраторов.

Следует также отметить, что в осенний сезон, в отдельных пробах морской воды, отобранных в открытой части Северного Каспия, концентрация СПАВ превышала ПДК, но не более, чем в 2,7 раза. Средние значения всегда были ниже ПДК (в России ПДК СПАВ в морской воде составляет 0,1 мг/л).

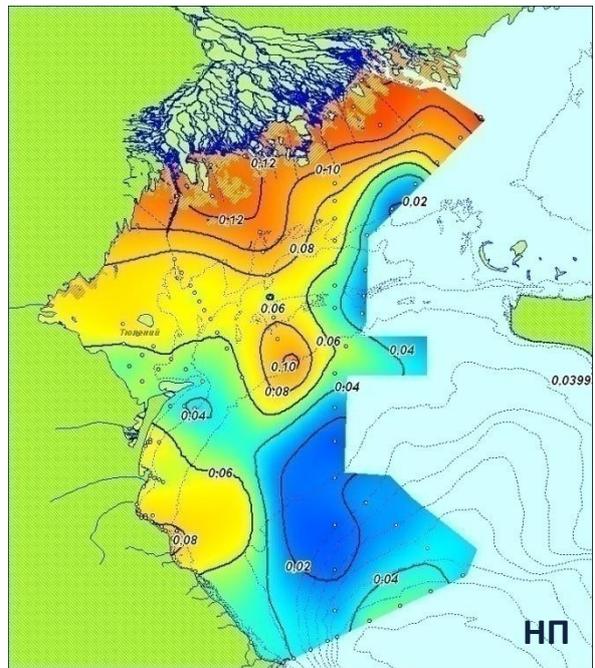
Таблица 6

Концентрация нефтепродуктов и СПАВ в воде и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2013 году

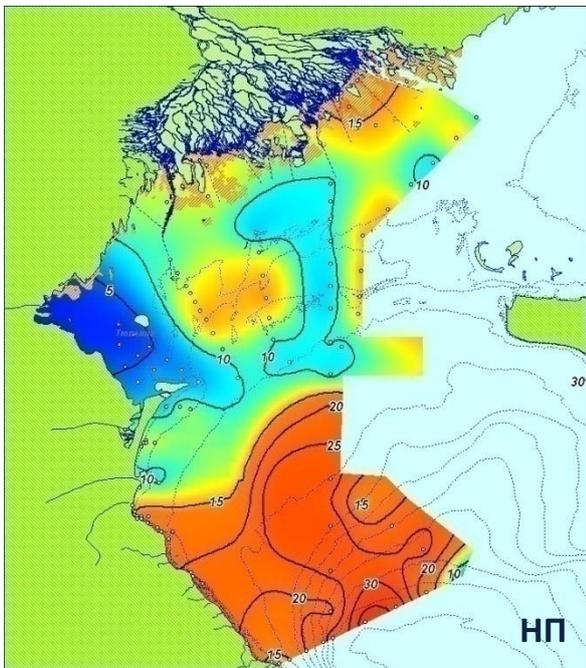
НЕФТЕПРОДУКТЫ													
Часть моря	Акватория	лето				ранняя осень				поздняя осень			
		ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин
<b>поверхностный слой, мг/л</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	0,11	0,11	0,15	0,05	0,07	0,07	0,12	0,03
	открытая	0,10	0,09	0,22	0,05	0,07	0,08	0,16	0	0,03	0,03	0,10	0
Средний Каспий	прибрежная	0,10	0,11	0,14	0,06	0,09	0,09	0,16	0,03	0,09	0,09	0,12	0,07
	открытая	-	-	-	-	0,04	0,04	0,09	0,01	-	-	-	-
<b>придонный слой, мг/л</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	0,06	0,07	0,12	0,02	0,03	0,03	0,05	0,02
	открытая	0,09	0,09	0,14	0	0,07	0,08	0,16	0	0,04	0,03	0,09	0
Средний Каспий	прибрежная	0,09	0,08	0,13	0,03	0,06	0,07	0,13	0,02	0,06	0,06	0,09	0,04
	открытая	-	-	-	-	0,03	0,03	0,07	0,01	-	-	-	-
<b>донные отложения, мкг/г</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	8,2	8,8	17,6	0,9	15,5	15,7	45,4	1,5
	открытая	34,7	33,8	63,0	6,2	11,7	11,1	20,0	2,8	19,2	15,6	68,4	0
Средний Каспий	прибрежная	39,7	35,9	79,4	8,4	14,8	14,3	38,7	0,8	24,1	20,6	73,4	6,3
	открытая	-	-	-	-	22,6	25,5	52,8	2,2	-	-	-	-
<b>СПАВ</b>													
Часть моря	Акватория	лето				ранняя осень				поздняя осень			
		ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин
<b>поверхностный слой, мг/л</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	0,045	0,036	0,092	0,016	0,028	0,022	0,066	0,005
	открытая	0,019	0,014	0,055	0,007	0,039	0,048	0,099	0	0,079	0,085	0,178	0,004
Средний Каспий	прибрежная	0,017	0,016	0,024	0,007	0,029	0,032	0,040	0,012	0,015	0,016	0,025	0,006
	открытая	-	-	-	-	0,018	0,018	0,027	0,009	-	-	-	-
<b>придонный слой, мг/л</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	0,024	0,021	0,031	0,016	0,014	0,007	0,044	0,005
	открытая	0,026	0,020	0,071	0,008	0,043	0,048	0,109	0	0,078	0,078	0,270	0,003
Средний Каспий	прибрежная	0,012	0,012	0,017	0,005	0,024	0,026	0,037	0,011	0,014	0,014	0,022	0,007
	открытая	-	-	-	-	0,014	0,015	0,021	0,009	-	-	-	-
<b>донные отложения, мкг/г</b>													
Северный Каспий	прибрежная	-	-	-	-	10,8	2,20	24,3	1,50	6,16	2,60	32,1	1,20
	открытая	10,6	10,7	24,4	1,30	16,6	7,10	65,6	2,60	26,9	26,2	62,3	2,30
Средний Каспий	прибрежная	9,90	10,0	26,6	2,50	2,16	2,40	4,00	0	8,12	6,40	29,6	0
	открытая	-	-	-	-	16,2	10,1	57,4	3,20	-	-	-	-



поверхностный слой

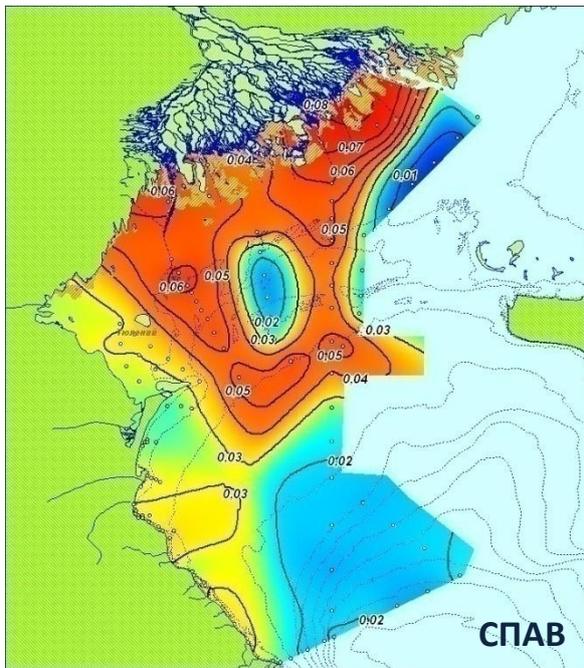


придонный слой

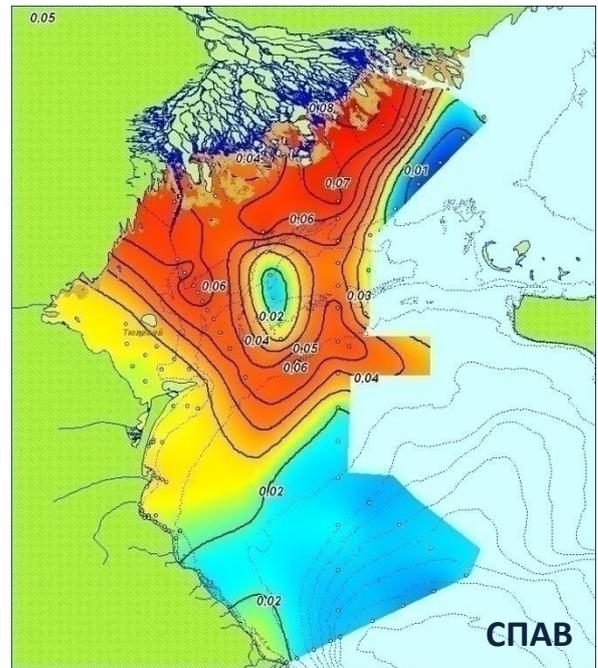


донные отложения

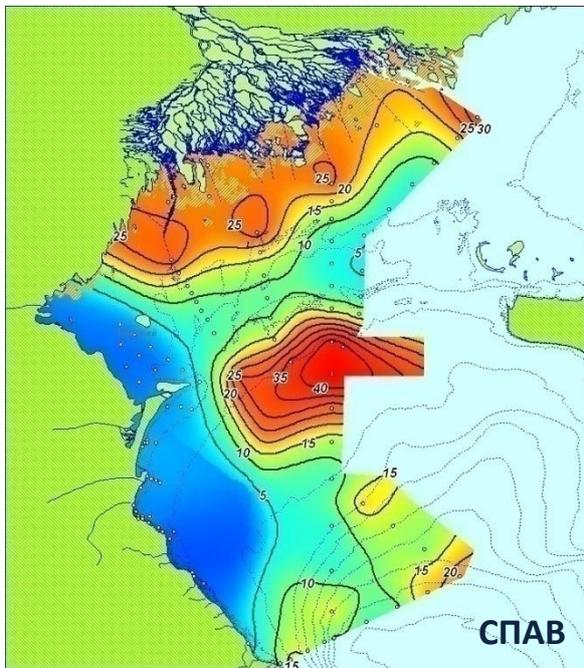
**Рис. 4** Пространственное распределение нефтепродуктов в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 года



поверхностный слой



придонный слой



донные отложения

**Рис. 5** Пространственное распределение СПАВ в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 года

## **Тяжелые металлы**

В 2013 г. средняя концентрация железа в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 0,11-0,15 мг/л; ранней осенью – 0,11-0,17 мг/л, поздней осенью – 0,12-0,16 мг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 3,5-5,5 мг/г, ранней осенью – 4,9-6,8 мг/г, поздней осенью – 5,2-6,5 мг/г. Сезонные колебания концентрации железа в воде были выражены слабо, в донных отложениях его содержание слабо повышалось от лета к поздней осени.

Средняя концентрация марганца в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 1,5-2,0 мкг/л; ранней осенью – 3,1-6,3 мкг/л, поздней осенью – 2,1-4,2 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 80-81 мкг/г, ранней осенью – 76-91 мкг/г, поздней осенью – 65-78 мкг/г. В воде концентрация марганца от лета к поздней осени повышалась, а в донных отложениях снижалась.

Средняя концентрация цинка в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 22-23 мкг/л; ранней осенью – 14-21 мкг/л, поздней осенью – 15-20 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 41-42 мкг/г, ранней осенью – 26-31 мкг/г, поздней осенью – 21-28 мкг/г. И в воде, и в донных отложениях концентрация цинка от лета к поздней осени снижалась.

Средняя концентрация никеля в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 26-32 мкг/л; ранней осенью – 16-25 мкг/л, поздней осенью – 25-29 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 25-27 мкг/г, ранней осенью – 16-21 мкг/г, поздней осенью – 15-17 мкг/г. И в воде, и в донных отложениях концентрация никеля от лета к поздней осени снижалась.

Средняя концентрация меди в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 7,3-9,0 мкг/л; ранней осенью – 6,1-8,8 мкг/л, поздней осенью – 5,3-6,2 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 18-26 мкг/г, ранней осенью – 12-16 мкг/г, поздней осенью – 13-14 мкг/г. И в воде, и в донных отложениях концентрация меди от лета к поздней осени снижалась.

Средняя концентрация свинца в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 5,3-6,4 мкг/л; ранней осенью – 4,0-14,8 мкг/л, поздней осенью – 3,85-5,3 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 9,5-10,7 мкг/г, ранней осенью – 3,0-4,5 мкг/г, поздней осенью – 5,8-6,9 мкг/г. Концентрация свинца в воде ранней осенью оказалась выше, а в донных отложениях ниже, чем летом и поздней осенью. Концентрация свинца в воде летом и поздней осенью была примерно одинаковой, а в донных отложениях – летом заметно выше, чем поздней осенью.

Средняя концентрация кадмия в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 0,1-0,3 мкг/л; ранней осенью – 0,2-0,5 мкг/л, поздней осенью – 0,1-0,2 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 0,1-0,3 мкг/г, ранней осенью – 0,04-0,10 мкг/г, поздней осенью – 0,06-0,16 мкг/г. И в воде, и в донных отложениях концентрация кадмия от лета к поздней осени снижалась.

Средняя концентрация ртути в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, летом составила 0,02 мкг/л; ранней осенью – 0,01-0,03 мкг/л, поздней осенью – 0,02-0,04 мкг/л (табл. 7). В донных отложениях летом она была равна 0,03-0,04 мкг/г, ранней осенью – 0,01-0,04 мкг/г, поздней осенью – 0,02-0,05 мкг/г. Сезонные колебания концентрации ртути в воде были выражены слабо, в донных отложениях ее содержание слабо повышалось от лета к поздней осени.

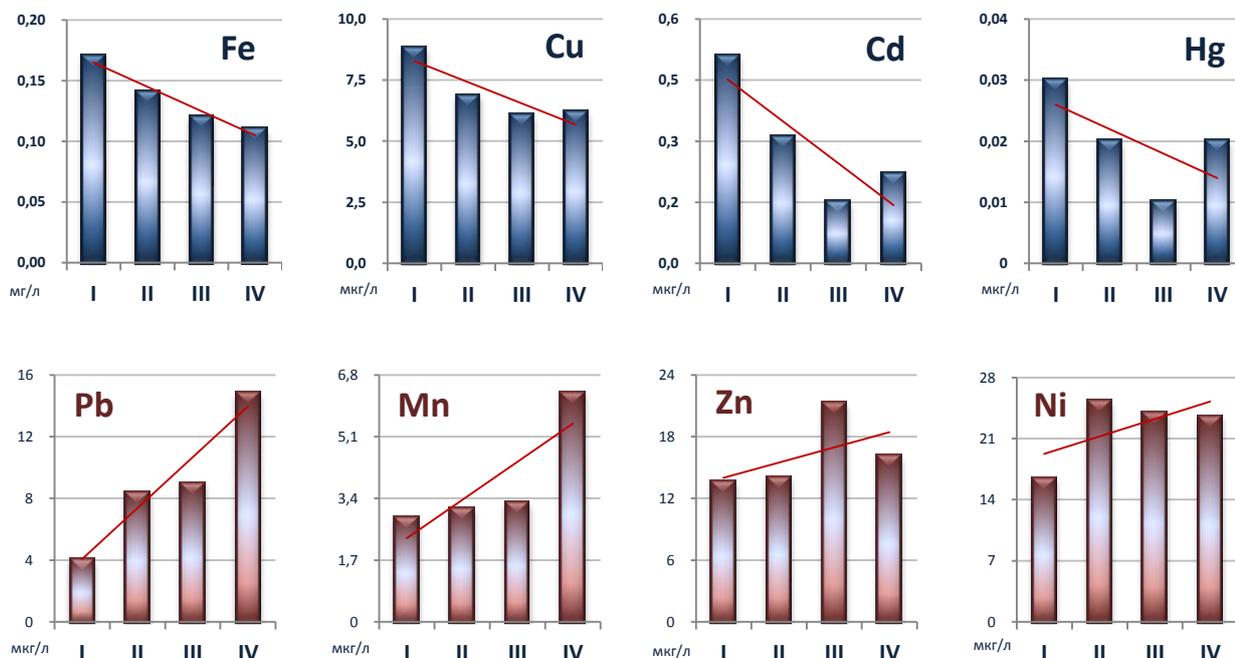
В 2013 г. концентрация трех тяжелых металлов в морской воде превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов: железа (ПДК = 0,05 мг/л), никеля (ПДК = 10 мкг/л) и меди (ПДК = 5 мкг/л). Превышение ПДК объясняется специфическими геохимическими условиями Каспийского моря и особенно его северо-западной части, которая принимает основную часть поверхностного водного и химического стока, поступающего в данный водоем.

Таблица 7

Средняя концентрация тяжелых металлов в воде и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2013 году

Часть моря, акватория	Вода, мкг/л			Донные отложения, мкг/г		
	лето	ранняя осень	поздняя осень	лето	ранняя осень	поздняя осень
<b>Железо</b> (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)						
Северный Каспий прибрежная	-	0,17	0,16	-	5,8	6,5
Северный Каспий открытая	0,15	0,12	0,12	3,5	4,9	5,2
Средний Каспий прибрежная	0,11	0,14	0,14	5,5	6,4	6,5
Средний Каспий открытая	-	0,11	-	-	6,8	-
<b>Марганец</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	2,84	2,12	-	76,4	78,1
Северный Каспий открытая	1,46	3,27	4,20	81,8	84,6	65,4
Средний Каспий прибрежная	2,02	3,12	3,16	80,8	90,7	67,7
Средний Каспий открытая	-	6,30	-	-	83,3	-
<b>Цинк</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	13,6	19,9	-	28,9	28,1
Северный Каспий открытая	22,2	21,2	18,6	41,1	31,1	20,7
Средний Каспий прибрежная	22,9	14,0	14,7	42,2	26,2	27,1
Средний Каспий открытая	-	16,1	-	-	28,1	-
<b>Никель</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	16,4	29,4	-	15,9	14,8
Северный Каспий открытая	31,7	23,9	25,6	26,8	21,3	14,9
Средний Каспий прибрежная	26,4	25,2	25,4	24,5	20,8	16,5
Средний Каспий открытая	-	23,5	-	-	18,9	-
<b>Медь</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	8,82	6,12	-	11,9	12,5
Северный Каспий открытая	7,33	6,05	5,25	18,0	14,8	12,9
Средний Каспий прибрежная	8,97	6,86	6,16	26,4	15,1	14,1
Средний Каспий открытая	-	6,19	-	-	16,3	-
<b>Свинец</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	4,00	3,81	-	3,59	5,81
Северный Каспий открытая	5,31	8,96	5,32	10,7	2,95	6,94
Средний Каспий прибрежная	6,40	8,32	5,17	9,50	3,53	4,52
Средний Каспий открытая	-	14,8	-	-	4,52	-
<b>Кадмий</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	0,51	0,20	-	0,08	0,06
Северный Каспий открытая	0,10	0,15	0,09	0,25	0,10	0,16
Средний Каспий прибрежная	0,34	0,31	0,18	0,13	0,07	0,11
Средний Каспий открытая	-	0,22	-	-	0,04	-
<b>Ртуть</b>						
Северный Каспий прибрежная	-	0,03	0,04	-	0,01	0,02
Северный Каспий открытая	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02	0,05
Средний Каспий прибрежная	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05
Средний Каспий открытая	-	0,02	-	-	0,04	-

О пространственном распределении тяжелых металлов судили по данным съемки, выполненной ранней осенью, когда наблюдениями была охвачена вся рассматриваемая акватория. По характеру этого распределения все металлы четко разделяются на две группы, что хорошо видно на рис. 6. 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. Образно можно говорить о «речном» происхождении металлов, относящихся к первой группе, и «морском» происхождении металлов, относящихся ко второй группе.



**Рис. 6** Распределение тяжелых металлов в водах северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013 года (I – прибрежная акватория Северного Каспия; II – прибрежная акватория Среднего Каспия; III – открытая часть Северного Каспия; IV – открытая часть Среднего Каспия)

В пространственном распределении тяжелых металлов в донных отложениях также прослеживаются определенные черты. На картах, представленных на рис. 7а и 7б, выделяются три области аккумуляции металлов: две транзитные (Дагестанский шельф и открытая часть Северного Каспия) и одна терминальная (Дербентская котловина). Наибольшая концентрация тяжелых металлов чаще всего наблюдалась в донных отложениях Дербентской котловины (Fe, Cu, Pb, Hg), реже в открытой части Северного Каспия (Zn, Ni, Cd) и совсем редко – на Дагестанском шельфе (Mn).

В табл. 8 приведены данные о содержании и соотношении тяжелых металлов в воде, взвеси и донных отложениях прибрежной зоны Северного и Среднего Каспия летом и осенью 2013 года. Из этих данных следует, что из трех названных компонентов морской среды взвесь более всего обогащена тяжелыми металлами, их концентрация во взвеси на 3-4 порядка больше, чем в воде, и разы больше, чем в донных отложениях.

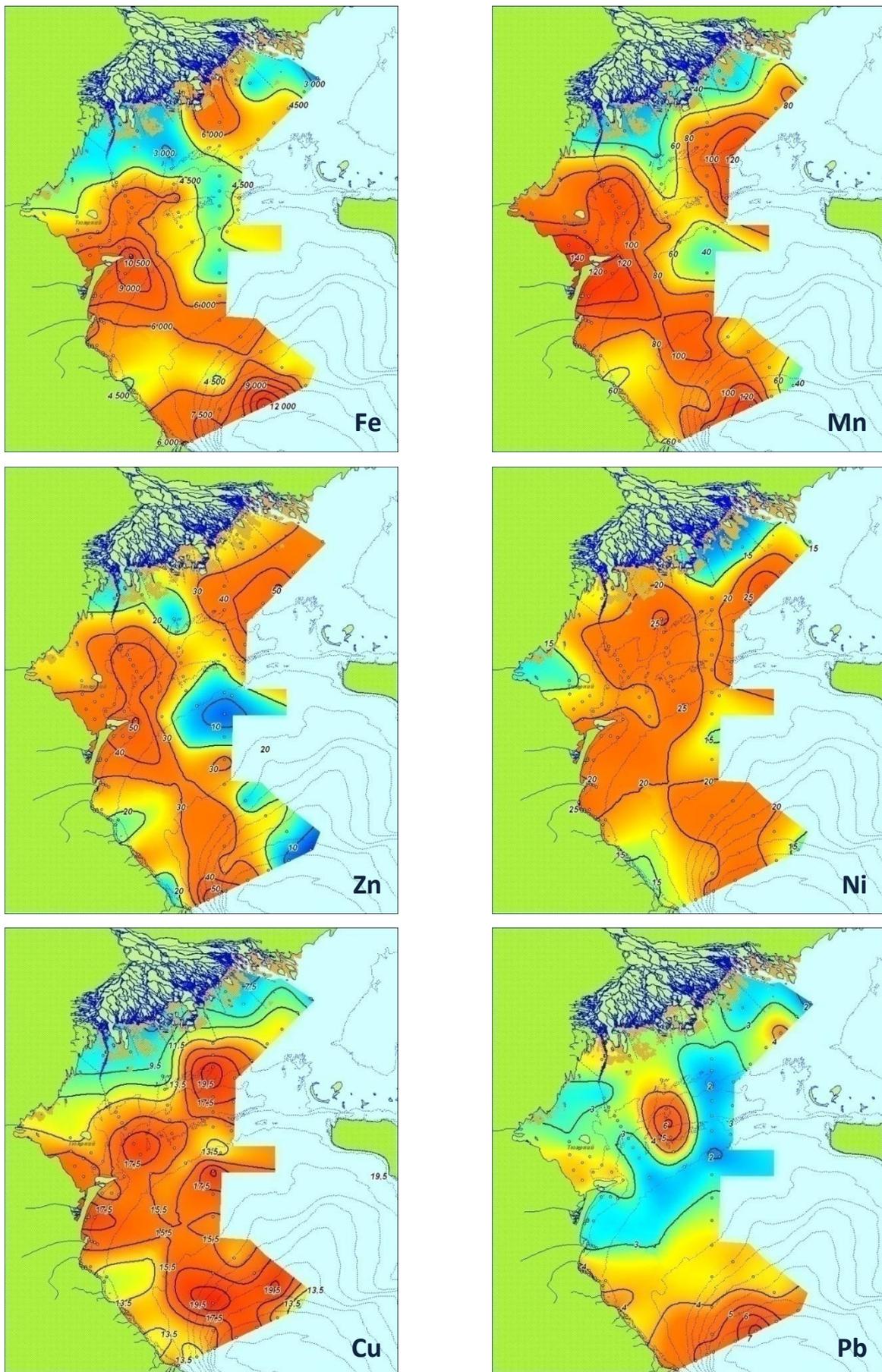
Наибольшее отношение взвесь/вода свойственно Fe и Mn, а наименьшее – Cd, Zn и Ni. Наибольшее отношение взвесь/донные отложения свойственно Cd и Hg, а наименьшее – Fe, Cu и Ni. Исходя из этого можно говорить, что связь между металлом и взвесью наиболее прочной является у железа (сочетание высокого отношения взвесь/вода с низким отношением взвесь/донные отложения), а наименее прочной – у кадмия (сочетание низкого отношения взвесь/вода с высоким отношением взвесь/донные отложения). Возможно поэтому в «поведении» железа наиболее четко прослеживается путь миграции тяжелых металлов в северо-западной части Каспийского моря, ведущий от наземных источников в донные отложения Дербентской котловины.

Таблица 8

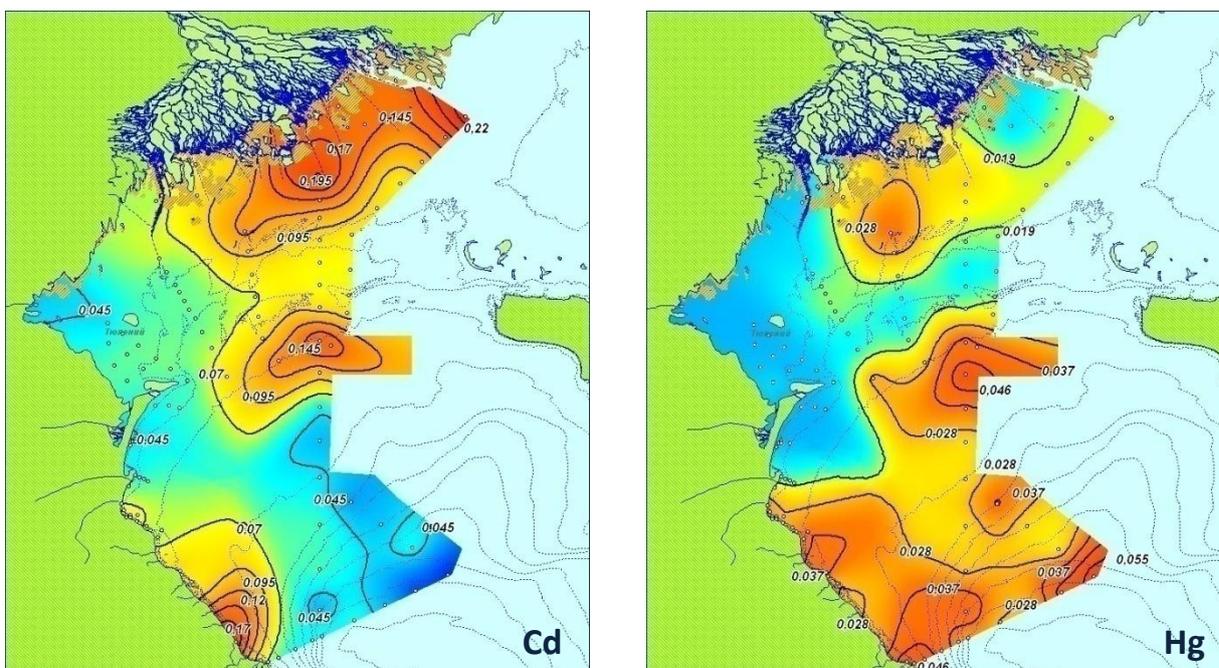
Содержание и соотношение тяжелых металлов в воде, взвеси и донных отложениях прибрежной зоны Северного и Среднего Каспия летом и осенью 2013 года (мг/кг)\*

Компонент морской среды	Северный Каспий		Средний Каспий	
	ранняя осень	поздняя осень	ранняя осень	поздняя осень
<b>Железо</b>				
Вода	0,14	0,16	0,13	0,14
Взвесь	11103	8917	10333	10292
Донные отложения	4889	3090	5536	6676
Взвесь/Вода	82244	56615	81847	74270
Взвесь/Донные отложения	2,27	2,89	1,87	1,54
<b>Марганец</b>				
Вода	0,0028	0,0013	0,0032	0,0032
Взвесь	114	130	112	131
Донные отложения	46,0	50,2	71,1	70,9
Взвесь/Вода	40835	99769	35189	40849
Взвесь/Донные отложения	2,48	2,58	1,57	1,85
<b>Цинк</b>				
Вода	0,019	0,023	0,011	0,015
Взвесь	56,8	41,2	33,1	94,1
Донные отложения	20,6	23,6	23,0	24,4
Взвесь/Вода	2941	1774	3123	6332
Взвесь/Донные отложения	2,76	1,74	1,44	3,85
<b>Никель</b>				
Вода	0,016	0,033	0,017	0,021
Взвесь	70,2	44,5	20,0	15,0
Донные отложения	15,4	13,3	18,3	12,7
Взвесь/Вода	4376	1352	1194	714
Взвесь/Донные отложения	4,57	3,36	1,09	1,18
<b>Медь</b>				
Вода	0,008	0,006	0,007	0,008
Взвесь	25,9	24,9	16,7	29,7
Донные отложения	8,7	10,8	16,9	13,9
Взвесь/Вода	3104	4377	2532	3864
Взвесь/Донные отложения	3,00	2,31	0,99	2,14
<b>Свинец</b>				
Вода	0,002	0,005	0,010	0,006
Взвесь	17,8	23,5	13,2	15,9
Донные отложения	3,4	5,0	3,9	4,9
Взвесь/Вода	9392	4882	1347	2882
Взвесь/Донные отложения	5,27	4,70	3,42	3,22
<b>Кадмий</b>				
Вода	0,00031	0,00040	0,00031	0,00024
Взвесь	0,60	0,57	0,53	0,62
Донные отложения	0,11	0,05	0,11	0,13
Взвесь/Вода	1948	1549	1695	2611
Взвесь/Донные отложения	5,68	10,56	4,83	4,69
<b>Ртуть</b>				
Вода	0,00002	0,00005	0,00002	0,00004
Взвесь	0,06	0,10	0,14	0,07
Донные отложения	0,02	0,02	0,03	0,04
Взвесь/Вода	3263	2243	6750	1923
Взвесь/Донные отложения	3,65	5,19	4,91	1,61

\*Примечание: приведены усредненные данные по тем станциям, на которых отбирались пробы каждого компонента морской среды (воды, взвеси и донных отложений)



**Рис. 7а** Пространственное распределение железа, марганца, цинка, никеля, меди и свинца в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 г.



**Рис. 7б** Пространственное распределение кадмия и ртути в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2013 г.

### 5. Стойкие органические загрязнители

Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений, отобранных в северо-западной части Каспийского моря летом и осенью 2013 года, выполнены НПО «Тайфун». Наблюдения проводили в три этапа: летом - вдоль «векового» разреза IIIa (открытая часть Северного Каспия, район Волго-Каспийского канала, 9 пунктов); ранней осенью – на всей акватории северо-западной части моря (всего 49 пунктов); поздней осенью – в Кизлярском заливе (прибрежная акватория Северного Каспия, 11 пунктов). В пробах донных отложений определяли содержание полиароматических углеводородов (ПАУ), полихлорированных бифенилов (ПХБ), хлорорганических пестицидов (ХОП) и производных фталевой кислоты (фталатов); в пробах морской воды – содержание полиароматических углеводородов. На основе полученных данных рассчитывали суммарную концентрацию ХОП, ПХБ, ПАУ и фталатов для каждого пункта отбора.

#### *Полициклические ароматические углеводороды*

Летом 2013 года суммарное содержание ПАУ в воде Северного Каспия (разрез IIIa, район Волго-Каспийского канала) колебалось в пределах от 5 до 80 нг/л и в среднем составляло 59,4 нг/л. Основной вклад в суммарную концентрацию практически на всех станциях вносили нафталин и аценафтилен. Концентрация пирена и его производных не превышала пределов обнаружения аналитического метода.

Ранней осенью 2013 года в пробах воды, отобранных в северо-западной части Каспийского моря, концентрация ПАУ менялась от 0 до 321 нг/л; среднее значение составило 83,4 нг/л (табл. 9). Пространственное распределение отличалось высокой изменчивостью. Наиболее высокое содержание отмечалось в открытых водах северо-западной части Каспийского моря. В прибрежной зоне ПАУ в воде практически отсутствовали. Наиболее высокие концентрации были характерны для нафталина и углеводородов его группы (аценафтена и аценафтилена). Концентрация пирогенных ПАУ (пирена и его производных) на всех станциях была ниже пределов обнаружения.

Поздней осенью 2013 г. суммарное содержание ПАУ в воде прибрежной зоны Северного Каспия (район Кизлярского залива) колебалось в незначительных пределах - от 11 до 25 нг/л и в среднем составляло 17 нг/л. Основной вклад практически на всех станциях вносили аценафтилен, хризен и производные флуорантена. Концентрация бенз/а/пирена не превышала пределов обнаружения.

Таблица 9

Содержание суммы ПАУ (нг/л) в придонном слое воды северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	0	125	2,0	97,4	83,4
Максимум	0	321	6,0	299	321
Минимум	0	0	0	0	0

Суммарное содержание ПАУ в донных отложениях Северного Каспия (разрез IIIa, район Волго-Каспийского канала) летом менялось в диапазоне от 9,9 до 112,4 мкг/кг сухого веса при среднем значении 42 мкг/кг. В составе суммы преобладали полиарены группы нафталина. Средняя концентрация бенз/а/пирена составила 0,64 мкг/кг. В сентябре-октябре среднее содержание суммы ПАУ в донных отложениях северо-западной части моря составило 56,3 мкг/кг (табл. 10). Концентрация менялась в очень широких пределах - от следовых количеств до 309 мкг/кг. Ее повышение было характерно для прибрежных районов Среднего Каспия. В ноябре-декабре среднее содержание ПАУ в донных отложениях прибрежной акватории Северного Каспия составило 34,4 мкг/кг, а размах колебаний – от 4,76 до 109,8 мкг/кг.

Таблица 10

Содержание суммы ПАУ (мкг/кг) в донных отложениях ранней осенью 2013 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	43,6	32,3	87,2	52,4	56,3
Максимум	132	220	309	82,4	309
Минимум	2,4	0	2,3	11,8	0

#### **Полихлорированные бифенилы**

Летом 2013 г. присутствие ПХБ в донных отложениях открытой части Северного Каспия (разрез IIIa, район Волго-Каспийского канала) обнаружено на уровне 1,02 мкг/кг сух. веса (на входе в канал) и 1,49 мкг/кг (на его мористом крае). В сентябре-октябре среднее содержание ПХБ в донных отложениях всей северо-западной части моря составило 0,65 мкг/кг. Концентрация менялась от следовых количеств до 2,12 мкг/кг (табл. 11). Пространственное распределение было довольно однородным. Поздней осенью средняя концентрация ПХБ в донных отложениях прибрежной акватории Северного Каспия (Кизлярский залив) составила 0,88 мкг/кг. Максимальная концентрация отмечалась на уровне 1,27 мкг/кг, минимальная – на уровне 0,22 мкг/кг.

Таблица 11

Содержание суммы ПХБ (мкг/кг) в донных отложениях ранней осенью 2013 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	0,52	0,19	0,85	0,76	0,65
Максимум	1,20	0,24	2,02	2,12	2,12
Минимум	0,11	0,14	0,03	0	0

### Хлорорганические пестициды

Летом 2013 г. из всего перечня определяемых пестицидов в осадках были обнаружены гексахлорбензол (в концентрации 0,06 мкг/кг на входе в Волго-Каспийский канал и 0,05 мкг/кг на его мористом крае) и 4,4-ДДЕ (в концентрации 0,07 мкг/кг на мористом крае канала). Ранней осенью средняя концентрация ХОП в донных отложениях РСНП составила 0,36 мкг/кг; диапазон изменчивости - от 0 до 2,04 мкг/кг (табл. 12). Пространственное распределение отличалось неоднородностью, самые высокие концентрации пестицидов обнаружены в прибрежной акватории Среднего Каспия. Поздней осенью 2013 года содержание ХОП в осадках открытой части Северного Каспия изменялось в диапазоне 0,03-0,14 мкг/кг при среднем значении 0,06 мкг/кг. В составе суммы ХОП преобладали гексахлорбензол (0-0,07 мкг/кг),  $\gamma$ -ГХЦГ (0-0,06 мкг/кг), 4,4-ДДЕ (0-0,06 мкг/кг) и 4,4-ДДД (0-0,11 мкг/кг).

Таблица 12

Содержание суммы ХОП (мкг/кг) в донных отложениях ранней осенью 2013 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	0,07	0,03	0,97	0,04	0,36
Максимум	0,22	0,07	2,04	0,11	2,04
Минимум	0	0	0,11	0	0

### Фталаты

Анализ проб воды и донных отложений Каспийского моря на присутствие фталатов – стойких высокотоксичных производных фталевой кислоты – в рамках программы мониторинга впервые проводили в 2012 году. Данные соединения широко используются в промышленности, главным образом, в качестве пластификаторов различных полимеров. Следует отметить, что среди них есть вещества, относящиеся к 1-му классу опасности, например, бис(2-этилгексил)фталат (БЭГФ). Кроме БЭГФ, в пробах определяли наличие диметилфталата (ДМФ), диэтилфталата (ДЭФ), ди-*n*-бутилфталата (ДБФ), ди-*n*-октилфталата (ДОФ), бутилбензилфталата (ББФ).

Летом 2013 г. присутствие фталатов в донных отложениях открытой части Северного Каспия обнаружено в пределах 1632 мкг/кг (на входе в Волго-Каспийский канал) и 1310 мкг/кг (на мористом крае канала). Наибольший вклад в суммарную концентрацию вносил ди-*n*-бутилфталат (953 мкг/кг на входе в канал и 1076 мкг/кг на его мористом крае). В сентябре-октябре среднее содержание фталатов в донных отложениях северо-западной части моря составило 4554 мкг/кг при очень широком диапазоне изменчивости - от 131 до 17209 мкг/кг (табл. 13).

Таблица 13

Содержание фталатов в донных отложениях (мкг/кг) ранней осенью 2013 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	2802	406	3421	8641	4554
Максимум	8319	769	5493	17209	17209
Минимум	364	131	828	3039	131

Пространственное распределение фталатов в пределах рассматриваемой акватории отличалось значительной неоднородностью. В Северном Каспии среднее содержание фталатов в осадках прибрежной акватории было почти в 7 раз выше, чем в открытой части. Однако наиболее сильное загрязнение наблюдалось в открытой части Среднего Каспия. Здесь отмечалось не только самое высокое среднее содержание фталатов в донных отложениях, но и абсолютный максимум для всей акватории РСНП в исследуемый период.

## 6. Комплексная оценка загрязнения и качества морской среды

Для оценки загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря в 2013 году использовался разработанный КаспМНИЦ многокритериальный и многопараметрический метод. В соответствии с данным методом комплексная оценка загрязнения представляет собой «ансамбль» из трех оценок: 1) оценки качества, критерием которой является ПДК ( $C_i$ ); 2) оценки аккумуляции, критерием которой является фоновая концентрация ( $C_f$ ); 3) оценки нагрузки, критерием которой является предельно допустимая нагрузка ( $\Delta_{if} = C_i - C_f$ ). В ансамблевую оценку загрязнения вовлечены все химические параметры, для которых установлена ПДК (табл.14). Так как в России для загрязняющих веществ, содержащихся в донных отложениях морей, ПДК не установлены, то для ансамблевой оценки их загрязнения использовались зарубежные нормативы (табл. 15).

Таблица 14

Установленная в России ПДК загрязняющих веществ в морской в воде

Наименование загрязняющего вещества	ПДК в морской воде
Нефтепродукты	0,05 мг/л
Азот аммонийный	0,4 мг/л
БПК <sub>5</sub>	2,0 мг/л
Железо	0,05 мг/л
Цинк	0,05 мг/л
Никель	0,01 мг/л
Медь	0,005 мг/л
Свинец	0,01 мг/л
Кадмий	0,01 мг/л

Таблица 15

Установленная за рубежом ПДК загрязняющих веществ в донных отложениях морей

Наименование	ПДК в донных отложениях морей
Нефтепродукты	50 мг/кг
Цинк	124 мг/кг/
Никель	15,9 мг/кг
Медь	18,7 мг/кг
Свинец	30,2 мг/кг
Кадмий	0,7 мг/кг

Ансамблевая оценка ( $E$ ) имеет три разновидности: 1)  $E_1 = E/n$ ; 2)  $E_2 = E/N$ ; 3)  $E_3 = E_{\max}$ , где  $n$  – общее число нормируемых и измеряемых показателей загрязнения;  $N$  – число показателей загрязнения, у которых  $E > 0$ ;  $E_{\max}$  – максимальное значение  $E$ . Оценка  $E_1$  именуется *обобщенной*, оценка  $E_2$  – *приоритетной*, а оценка  $E_3$  – *экстремальной*. Для классификации и описания загрязнения морских акваторий в соответствии с ансамблевой оценкой применяется шкала, приведенная в таблице 16.

Таблица 16

Классификация загрязнения морских акваторий в соответствии ансамблевой оценкой

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

В соответствии с обобщенной оценкой морская вода на взморье Волги ранней осенью характеризовалась как умеренно загрязненная, согласно приоритетной оценке – как загрязненная, согласно экстремальной – как грязная (табл. 17). Поздней осенью уровень загрязнения снизился – в соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой вода относилась к умеренно загрязненной, согласно экстремальной оценке – к загрязненной. В Кизлярском заливе уровень загрязненности вод в течение осени не изменился (хотя численные значения всех оценок снизились): в соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой вода относилась к умеренно загрязненной, согласно экстремальной оценке – к загрязненной. Донные отложения в прибрежной части Северного Каспия по всем оценкам характеризовались как чистые, за исключением экстремальной оценки загрязнения донных отложений в Кизлярском заливе поздней осенью, согласно которой они считались умеренно загрязненными.

**Таблица 17**

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах Северного Каспия осенью 2013 года

Компонент среды	ранняя осень			поздняя осень		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Взморье Волги</b>						
вода	1,37	1,76	3,00	0,88	1,17	1,67
ДО	0,00	0,33	0,33	0,06	0,33	0,33
<b>Кизлярский залив</b>						
вода	0,93	1,04	2,00	0,63	0,83	1,67
ДО	0,17	0,33	0,33	0,44	0,44	0,67
	чистые	умеренно загрязненные		загрязненные		грязные

Морская вода в открытой части Северного Каспия летом 2013 года в соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой характеризовалась как умеренно загрязненная, а в соответствии с экстремальной оценкой - как загрязненная, но не повсеместно: вода в поверхностном слое на разрезе III ГНС согласно экстремальной оценке относилась к грязной, а на разрезе Северный – к умеренно загрязненной (табл. 18).

**Таблица 18**

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части Северного Каспия летом и осенью 2013 года

Компонент среды	лето			ранняя осень			поздняя осень		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>разрез Восточный</b>									
пов	0,63	1,00	1,67	1,06	1,05	2,00	0,25	0,67	1,33
дно	0,63	0,83	1,67	1,06	1,05	2,33	0,42	1,11	1,67
ДО	0,33	0,67	1,33	0,28	0,55	1,00	0,22	0,67	0,67
<b>разрез III ГНС</b>									
пов	0,96	1,10	2,67	0,93	1,04	2,00	0,42	0,83	1,33
дно	0,83	1,11	1,67	0,78	1,40	2,00	0,58	0,93	1,33
ДО	0,39	0,58	1,33	0,22	0,33	0,33	0,17	0,50	0,67
<b>разрез Северный</b>									
пов	0,54	0,87	1,33	0,81	1,22	2,00	0,54	0,72	1,33
дно	0,54	1,08	1,67	0,81	1,05	2,00	0,33	0,67	1,33
ДО	0,33	0,67	1,00	0,39	0,78	1,67	0,44	0,53	1,33
<b>разрез IIIa ГНС</b>									
пов	0,88	1,00	1,67	0,89	0,89	1,67	0,33	0,67	1,33
дно	0,63	1,25	2,33	0,85	0,85	2,00	0,58	0,93	1,67
ДО	0,28	0,42	0,67	0,28	0,42	0,67	0,39	0,47	1,00
	чистые	умеренно загрязненные		загрязненные		грязные			

Ранней осенью на всей акватории открытой части Северного Каспия морские воды согласно обобщенной и приоритетной оценке характеризовались как умеренно загрязненные, в соответствии с экстремальной оценкой – как загрязненные. Поздней осенью уровень загрязнения вод несколько снизился: в соответствии с обобщенной оценкой было отмечено появление чистых вод (на разрезе Восточный, в придонном слое на разрезе Северный, в поверхностном слое на разрезах III и IIIa ГНС); а согласно экстремальной оценке воды на большей части акватории стали характеризоваться как умеренно загрязненные. Уровень загрязнения донных отложений в открытой части Северного Каспия не претерпел существенных изменений – в соответствии с обобщенной оценкой они характеризовались как чистые, в соответствии с приоритетной и экстремальной оценкой – как чистые и умеренно загрязненные.

Морская вода и донные отложения в прибрежных районах Среднего Каспия летом 2013 года в соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой характеризовались как чистые или умеренно загрязненные, в соответствии с экстремальной оценкой – как умеренно загрязненные или загрязненные (табл. 19). Ранней осенью загрязненность воды, согласно обобщенной и приоритетной оценке, в целом не изменилась, однако в соответствии с экстремальной оценкой она повысилась.

Таблица 19

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах Среднего Каспия летом и осенью 2013 года

Компонент среды	лето			ранняя осень			поздняя осень		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Лопатин</b>									
пов	0,67	0,76	1,33	1,41	1,41	2,33	0,38	0,75	1,33
дно	0,58	0,78	1,67	0,81	1,47	2,33	0,44	0,70	1,67
ДО	0,50	0,60	1,00	0,28	1,94	1,00	0,17	0,33	0,33
<b>Прорезь</b>									
пов	0,71	0,94	1,33	0,70	1,27	2,00	0,54	0,72	1,33
дно	0,58	0,67	1,33	0,89	1,00	2,67	0,42	0,67	1,00
ДО	0,72	1,08	1,33	0,39	0,58	1,33	0,33	0,40	0,67
<b>Сулак</b>									
пов	0,83	1,11	1,67	0,81	1,05	2,00	0,58	0,93	1,67
дно	0,42	0,67	1,00	0,78	1,00	3,00	0,63	0,83	1,67
ДО	0,78	0,78	2,00	0,33	0,50	1,00	0,44	0,67	1,67
<b>Махачкала</b>									
пов	0,54	0,72	1,33	0,93	1,39	2,00	0,50	0,57	1,00
дно	0,46	0,61	1,33	0,89	1,00	2,00	0,67	0,89	2,00
ДО	0,50	0,75	1,67	0,39	0,78	1,67	0,50	0,75	2,00
<b>Каспийск</b>									
пов	0,58	0,67	1,00	0,70	1,06	1,67	0,50	0,80	1,33
дно	0,42	0,67	1,00	0,78	1,00	2,00	0,67	0,89	1,67
ДО	0,28	0,33	0,33	0,11	0,33	0,33	0,22	0,33	0,33
<b>Изберг</b>									
пов	0,54	0,87	1,33	0,74	1,11	1,67	0,46	0,73	1,00
дно	0,54	0,87	1,67	0,93	1,04	2,67	0,67	0,76	1,67
ДО	0,72	0,72	1,67	0,28	0,42	0,67	0,33	1,00	1,67
<b>Дербент</b>									
пов	0,50	1,00	1,00	0,67	1,20	1,67	0,29	0,58	0,67
дно	0,21	0,83	1,00	0,63	0,95	1,67	0,42	0,56	1,00
ДО	0,22	0,67	1,00	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00
<b>Самур</b>									
пов	0,42	0,83	1,00	0,52	1,17	1,33	0,33	0,67	1,00
дно	0,46	1,22	1,67	0,48	1,09	1,67	0,38	0,75	1,33
ДО	0,22	0,67	0,67	0,00	-	0,00	0,00	-	0,00
	чистые		умеренно загрязненные		загрязненные		грязные		

Ранней осенью по сравнению с летом в районах Лопатина, Махачкалы, Каспийска, Дербента воды перешли из разряда умеренно загрязненных в разряд загрязненных, а в районах Прорези, Сулака и Изберга – из разряда умеренно загрязненных в разряд загрязненных и грязных. При этом загрязненность донных отложений в большинстве районов не изменилась или снизилась.

Поздней осенью в соответствии с обобщенной оценкой вода вновь характеризовалась преимущественно как чистая, в соответствии с приоритетной оценкой – как умеренно загрязненная, согласно экстремальной оценке – как умеренно загрязненная в поверхностном слое (кроме устья Сулака) и загрязненная в придонном слое (кроме района Прорези, Дербента и Самура). Донные отложения в это время в районах Сулака, Махачкалы и Изберга в соответствии с приоритетной оценкой характеризовались как умеренно загрязненные; в соответствии с экстремальной оценкой – как загрязненные. В районах Лопатина, Каспийска, Дербента и Самура осадки согласно всем оценкам перешли в разряд чистых.

Морская вода в открытой части Среднего Каспия ранней осенью 2013 года в соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой характеризовалась как умеренно загрязненная; в соответствии с экстремальной оценкой – как загрязненная (табл. 20). Донные отложения согласно всем оценкам соответствовали классу чистых.

**Таблица 20**

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части Среднего Каспия ранней осенью 2013 года

Компонент среды	ранняя осень		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>разрез Меридиональный</b>			
пов	0,70	1,27	1,67
дно	0,93	1,19	2,00
ДО	0,06	0,33	0,33
<b>разрез Центральный</b>			
пов	1,07	1,21	2,33
дно	0,85	1,28	2,00
ДО	0,17	0,33	0,33
<b>разрез Южный</b>			
пов	0,74	1,11	2,00
дно	0,74	1,11	2,00
ДО	0,22	0,33	0,33

	чистые		умеренно загрязненные		загрязненные		грязные
--	--------	--	-----------------------	--	--------------	--	---------

Комплексная оценка качества вод проводилась в соответствии с «Методическими рекомендациями по формализованной комплексной оценке качества поверхностных и морских вод по гидрохимическим показателям» (М., Росгидромет, 1988). При расчете индекса загрязнения вод (ИЗВ) учитывалась концентрация в воде растворенного кислорода, нефтепродуктов, аммонийного азота и меди. Результаты расчетов показаны в таблице 21. Как следует из приведенных данных, в 2013 г. морская вода в северо-западной части Каспийского моря преимущественно оценивалась как умеренно-загрязненная, в отдельных районах – как загрязненная или чистая.

В таблице 22 приведены средние значения ИЗВ для морских вод в укрупненных районах северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг. (средние значения нельзя использовать для оценки качества, но они позволяют судить об его изменениях в пространстве и времени). Как следует из приведенных данных, в 2013 г. качество морских вод улучшилось по сравнению с предыдущим годом. Еще одно отличие состоит в том, что в 2012 г. качество воды от ранней к поздней осени ухудшалось, а в 2013 г., наоборот, улучшалось. Оба года были схожи в том, что повышенные значения ИЗВ были зафиксированы в прибрежной акватории Северного Каспия и в северной части Дагестанского шельфа. Это говорит о том, что ухудшение качества прибрежных вод, обусловленное загрязнением из наземных источников, не распространяется за пределы российского сектора недропользования.

Таблица 21

Индексы загрязнения морских вод (ИЗВ) в северо-западной части Каспийского моря в 2013 году

Район исследований	ИЗВ					
	июль-август		сентябрь-октябрь		ноябрь-декабрь	
	пов	дно	пов	дно	пов	дно
<b>Прибрежная акватория Северного Каспия</b>						
Взморье Волги	-	-	1,25	-	0,90	-
Кизлярский залив	-	-	1,05	0,94	0,79	0,49
<b>Открытая часть Северного Каспия</b>						
Восточный	0,93	1,13	0,62	0,60	0,52	0,56
Разрез III ГНС	0,86	1,00	0,94	0,77	0,54	0,50
Северный	1,19	1,18	0,79	0,95	0,60	0,65
Разрез IIIa ГНС	0,99	0,88	0,75	0,76	0,48	0,50
<b>Прибрежная акватория Среднего Каспия</b>						
Лопатин	1,26	1,31	1,06	0,75	0,88	0,75
Прорезь	1,47	1,32	1,15	1,02	1,10	0,79
Сулак	1,28	1,04	0,93	0,78	1,13	0,87
Махачкала	0,99	0,82	1,13	0,87	0,99	0,81
Каспийск	1,01	0,98	1,13	1,00	0,76	0,69
Изберг	0,97	0,75	0,95	0,68	0,97	0,79
Дербент	1,25	1,10	0,85	0,76	0,99	0,58
Самур	1,40	1,34	0,61	0,50	0,90	0,58
<b>Открытая часть Среднего Каспия</b>						
Меридиональный	-	-	0,42	0,89	-	-
Центральный	-	-	0,92	0,92	-	-
Южный	-	-	0,64	0,82	-	-

**Примечание:** использованы следующие обозначения цветов

	загрязненные воды
	умеренно загрязненные
	чистые

Таблица 22

Средние индексы загрязнения морских вод (ИЗВ) в укрупненных районах северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг. \*

Часть моря, акватория	2012				2013			
	Сентябрь-октябрь		Ноябрь-декабрь		Сентябрь-октябрь		Ноябрь-декабрь	
	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно
Северный Каспий, прибрежная	0,92	-	1,20	-	1,15	-	0,85	-
Северный Каспия, открытая	0,88	0,88	1,02	1,12	0,78	0,77	0,54	0,55
Средний Каспий, прибрежная 1	0,97	0,96	1,22	1,23	1,07	0,86	1,03	0,81
Средний Каспий, прибрежная 2	0,92	0,90	0,83	0,81	0,89	0,74	0,91	0,66
Средний Каспий, открытая	0,84	1,03	0,81	1,09	0,66	0,88	-	-
<b>Средний ИЗВ</b>	<b>0,91</b>	<b>0,94</b>	<b>1,02</b>	<b>1,06</b>	<b>0,91</b>	<b>0,81</b>	<b>0,83</b>	<b>0,67</b>

\* Примечание: Средний Каспий, прибрежная 1 (северная часть Дагестанского шельфа): включает в себя базовые районы Лопатин, Прорезь, Сулак, Махачкала; Средний Каспий, прибрежная 2 (южная часть Дагестанского шельфа): включает в себя базовые районы Каспийск, Изберг, Дербент, Самур

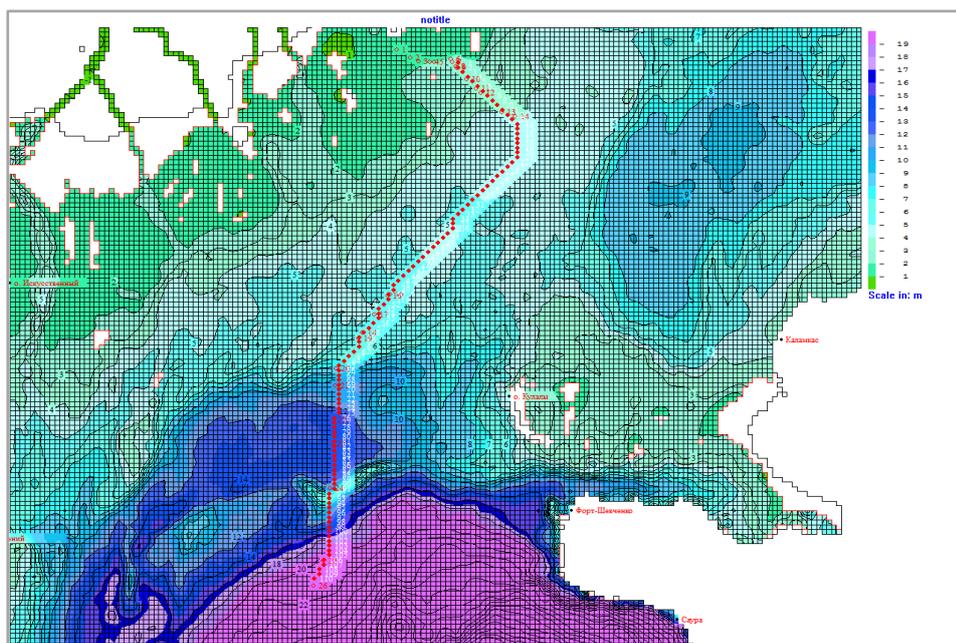
## 7. Оценка водообмена и трансграничного переноса загрязняющих веществ

Расположение станций мониторинга на границе российского сектора недропользования (рис. 1) позволяет дать оценку трансграничного переноса загрязняющих веществ при условии, что данные химических анализов будут дополнены данными о водообмене, скорости и направлении течений вдоль границы на всех горизонтах от поверхности до дна в период проведения гидрохимических наблюдений. Такие данные невозможно получить инструментальными методами, единственным способом решения этой задачи является использование верифицированной гидродинамической модели в связке с региональной моделью атмосферы. Росгидромет обладает такой технологией, она используется в оперативном режиме для прогноза полей уровня и течений.

В настоящее время в автоматизированной системе оперативной обработки информации Гидрометцентра России находится оперативная гидродинамическая модель Каспийского моря с разрешением 3х3 морские мили. Одновременно с ней проходит опытные испытания новая модель с разрешением 1х1 морская миля. Повышенное разрешение позволило более реалистично описать береговой и донный рельеф. Кроме того, в методику расчетов включены среднесуточные расходы в вершине дельты Волги. В целом повышенное разрешение и дополнительные параметры новой модели позволяют получать более адекватные расчетные характеристики уровня и течений Каспийского моря и расширяют возможности ее применения, в т.ч. для решения задач мониторинга и охраны морской среды.

Для первого экспериментального расчета был выбран участок границы РСНП, лежащий между 44 град 20 мин и 46 град 10 мин северной широты, который был разбит на 11 секторов путем проведения параллелей через каждые 10 минут (морских миль). Выбор данного участка границы не был случайным, так как здесь в период с 5 по 20 октября 2013 года проводились экспедиционные исследования на разрезе «Восточный» (расположение разреза приведено на карте-схеме, представленной на рис. 1). В связи с этим далее выбранный участок границы РСНП также будет именоваться разрезом «Восточный».

Адаптация модели высокого разрешения к диагностическим расчетам водообмена и трансграничного переноса загрязняющих веществ была выполнена в компании «Инфомар». В расчетах использовались модельные данные о скорости и направлении течения, а также компонентах X и Y скорости течения в каждой из ячеек модели, расположенной на разграничительной линии с установленной временной дискретностью (рис. 8). Для каждого участка разграничительной линии, срока и слоя воды оценивались расходы воды внутрь и за его пределы. Все полученные результаты обобщались для одиннадцати секторов.



**Рис. 8**  
Гидродинамическая модель Каспийского моря высокого разрешения

Схема расположения ячеек, использовавшихся для расчета водообмена и переноса ЗВ

Размер ячейки (1852x1852x5м)

По результатам выполненных расчетов в рассматриваемый период времени на разрезе «Восточный» преобладали течения вдоль оси, направленной с юго-запада на северо-восток (рис. 9). Суммарный водообмен в период с 5 по 20 октября 2013 года составил 158,7 км<sup>3</sup>. Отток воды за пределы РСНП был выше притока - на 4,9 км<sup>3</sup> (за пределы российского сектора было вынесено 81,8 км<sup>3</sup> воды, привнесено 76,9 км<sup>3</sup>). Наиболее интенсивным водообмен был в средней части разреза «Восточный» (рис. 10).

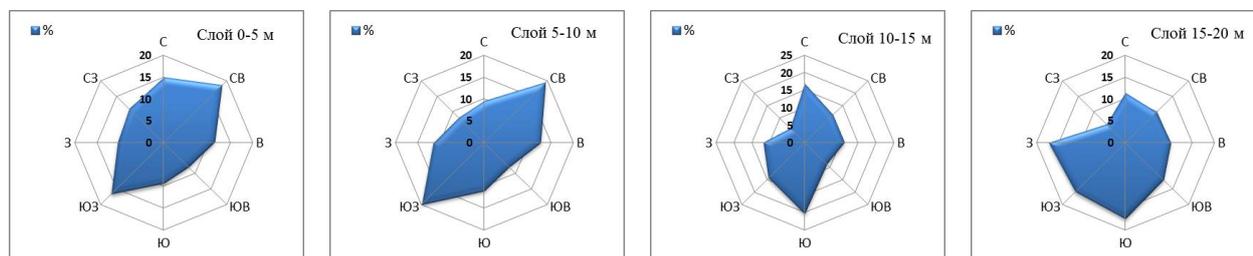


Рис. 9 Повторяемость течений по направлениям (%) на разрезе «Восточный» 5-20 октября 2013 г.

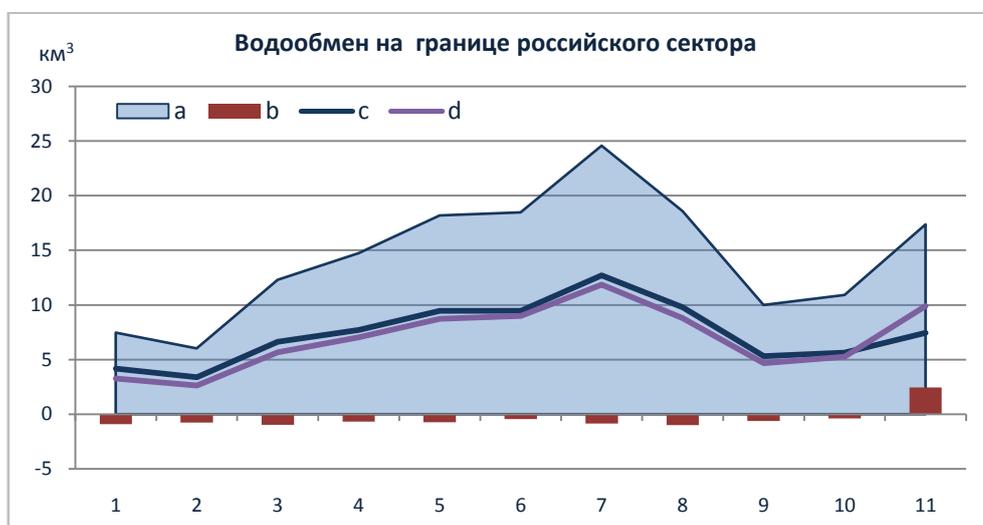
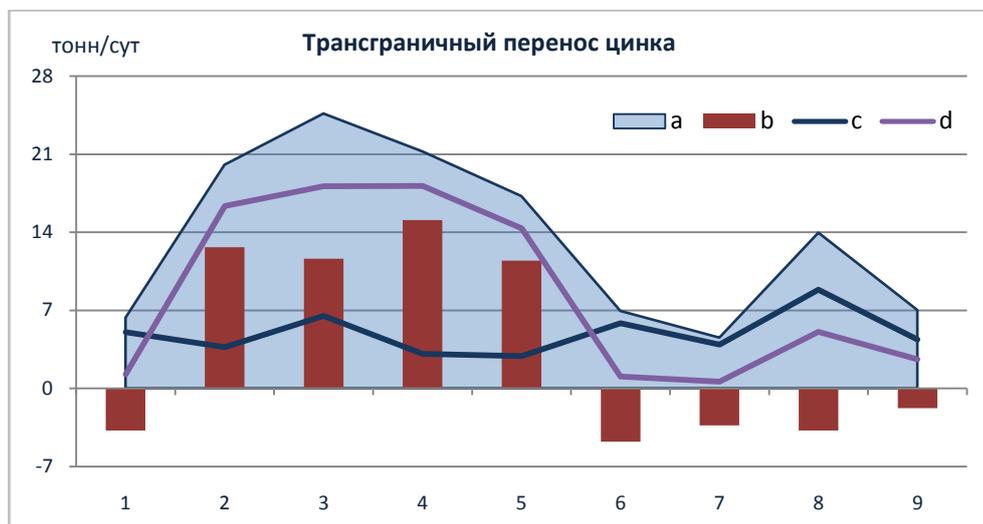


Рис. 10 Водообмен в различных секторах разреза «Восточный» в период с 5 по 20 октября 2013 года в слое 0-20 метров. На оси абсцисс – номера секторов с севера на юг; а – суммарный водообмен; b – результирующий водообмен; c - отток воды; d – приток воды

Расчет трансграничного переноса осуществлялся в отношении 14 загрязняющих веществ: нефтепродуктов, СПАВ, нафталина, 1-метилнафталина, аценафтилена, аценафтена, меди, свинца, кадмия, ртути, железа, марганца, цинка и никеля. Трансграничный перенос так же, как водообмен, характеризовался четырьмя параметрами: суммарным переносом, оттоком, притоком загрязняющих веществ и результирующим переносом (приток минус отток).

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 секторам разреза «Восточный» (рис. 11).

Разработанная технология расчета трансграничного переноса загрязняющих веществ с использованием данных мониторинга и моделирования 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 разработки совместных мер по защите морской среды от загрязнения в рамках Тегеранской конвенции.



**Рис. 11** Трансграничный перенос цинка в слое воды 0-5 м в различных секторах разреза «Восточный» в период с 5 по 20 октября 2013 года. На оси абсцисс – номера секторов с севера на юг; a – суммарный перенос; b – результирующий перенос; c – отток; d – приток

## 8. Межгодовые изменения состояния и загрязнения морской среды

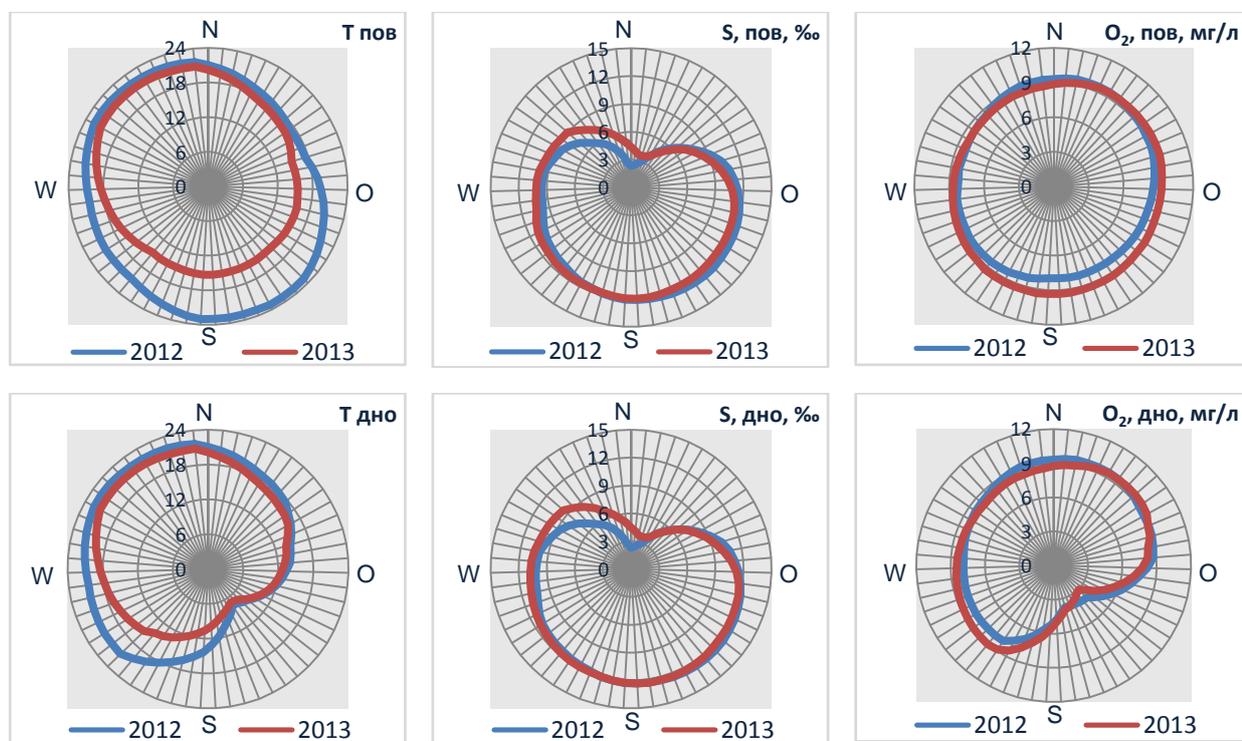
Для характеристики межгодовых изменений морской среды в 2012-2013 гг. использовались данные наблюдений, проводившихся ранней осенью, так как в этот сезон в оба года программа наблюдений была одинаковой по количеству и расположению станций. Для характеристики временной изменчивости наряду с укрупненными районами использовался еще один объект – периметр российского сектора недропользования Каспийского моря. В него последовательно (в направлении против часовой стрелки) 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» (см. рис. 1). Данные, включенные в этот пространственный ряд, сглаживались скользящим средним. По сглаженным рядам строились круговые диаграммы, при этом для того, чтобы замкнуть круг, к концу исходного пространственного ряда были повторно «привязаны» станции взморья Волги. Круговые диаграммы за 2012 и 2013 год располагались на одном рисунке, благодаря чему легко прослеживаются межгодовые изменения морской среды вдоль периметра РСНП.

### *Гидролого-гидрохимические и литолого-химические условия*

Экспедиционные работы в Среднем Каспии в 2013 г. проводились позже, чем в 2012 г., поэтому температура воды в этой части моря в обозримом году оказалась ниже, чем в предыдущем (рис. 12). Это изменение не коснулось температуры придонных вод в открытой части моря, которая отличается известной стабильностью. Соленость воды вдоль периметра РСНП также не претерпела существенных изменений, за исключением участка, наиболее подверженного влиянию волжского стока (прибрежных станций Северного Каспия), где было отмечено ее повышение, обусловленное метеорологическими условиями (на взморьях рек и на мелководье соленость находится в большей зависимости от метеорологических условий, чем в открытой глубоководной части моря). Небольшое повышение концентрации кислорода в поверхностном слое вод Среднего Каспия и в придонных водах Дагестанского шельфа объясняется снижением температуры воды и, соответственно, повышением растворимости кислорода в воде.

В гранулометрическом составе произошли следующие изменения: а) в донных отложениях шельфовой равнины Среднего Каспия повысилось содержание ракушки; б) в открытой части Северного Каспия и шельфовой равнине Среднего Каспия повысилось содержание крупного и снизилось содержание мелкого песка; в) в северной части Дагестанского шельфа, а также в донных отложениях шельфовой равнины Среднего Каспия снизилось содержание алеврита,

концентрация которого повысилась в южной части Дагестанского шельфа; г) повысилось содержание пелита в донных отложениях Северного Каспия (табл. 23, рис. 13). Практически не изменился гранулометрический состав донных отложений Дербентской котловины, в которых преобладали мелкозернистые фракции. Это говорит об активной динамике донных наносов на всей акватории РСНП, за исключением ее глубоководной части. Следует также отметить заметное повышение содержания органического вещества в донных отложениях Дербентской котловины, указывающее, что в 2013 году биологическая продуктивность северо-западной части моря была выше, чем в 2012 году.



**Рис. 12** Межгодовые изменения температуры и солености воды, а также содержания растворенного кислорода в северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг.

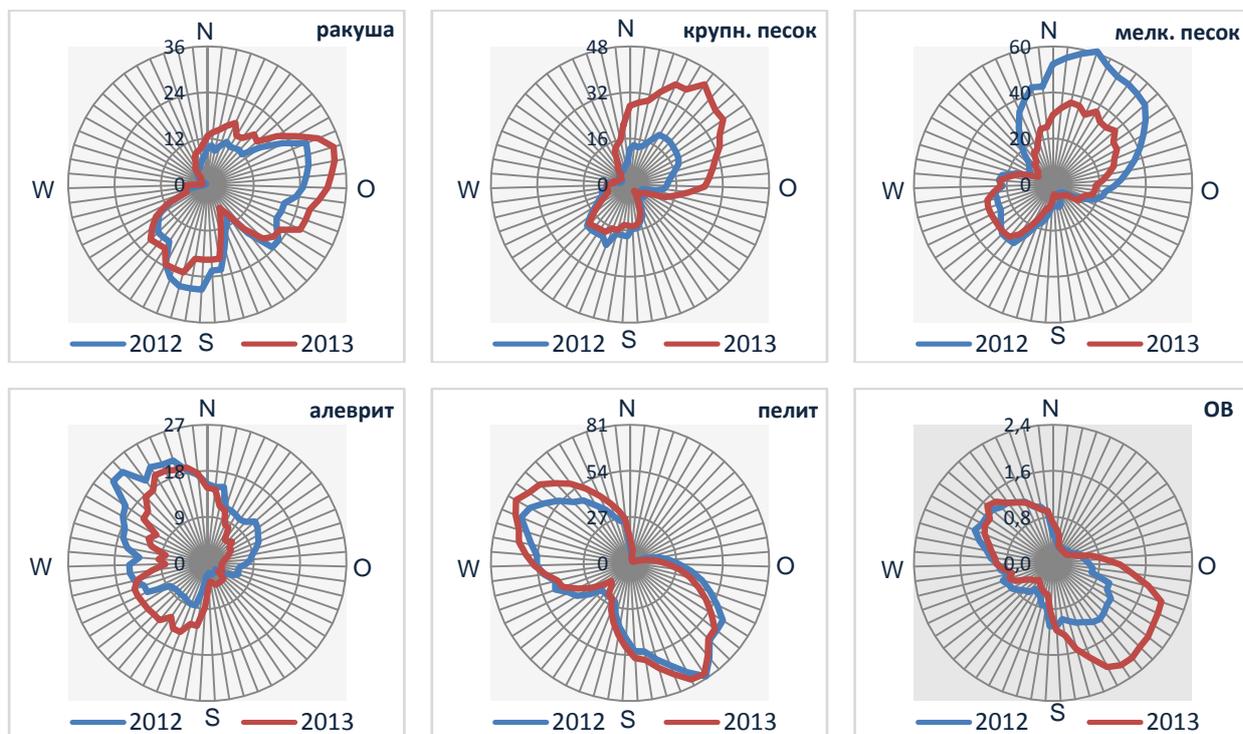
**Таблица 23**

Межгодовые изменения в гранулометрическом составе донных отложений в северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг.

Часть моря, акватория	ракуша		крупный песок		мелкий песок	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Северный Каспий, прибрежная	7,12	9,15	8,59	16,0	42,8	29,0
Северный Каспия, открытая	23,6	20,2	27,0	32,6	33,7	31,1
Средний Каспий, прибрежная	9,19	9,63	11,3	11,0	18,5	17,7
Средний Каспий, открытая	24,7	22,5	6,27	5,57	8,47	10,8

Часть моря, акватория	алеврит		пелит		органическое вещество	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
Северный Каспий, прибрежная	17,8	17,1	23,7	28,5	0,96	0,86
Северный Каспия, открытая	10,0	11,0	5,47	4,90	0,53	0,28
Средний Каспий, прибрежная	9,47	8,62	51,4	52,7	1,01	0,93
Средний Каспий, открытая	3,63	4,32	58,3	56,6	1,44	1,84



**Рис. 13** Межгодовые изменения гранулометрического состава и содержания органического вещества в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг.

### ***Загрязнение морской среды***

Средняя концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013 г. по сравнению с аналогичным периодом прошлого года не изменилась (табл. 24). Зато существенно изменился характер пространственного распределения НП на всей акватории и ее морской границе (рис. 14). Концентрация НП возросла в прибрежных водах и снизилась в открытой части моря, в том числе на морской границе российского сектора недропользования, что еще раз подтверждает тезис о том, что загрязнение из наземных источников не выходит за пределы РСНП. Концентрация СПАВ в воде, также как и НП, относящихся к нестойким органическим загрязнителям, в 2013 году существенно повысилась по сравнению с предыдущим годом. При этом данное повышение в основном произошло в прибрежных районах, а в открытой части моря, особенно, в придонном слое не ощущалось. По сравнению с предыдущим годом средняя концентрация НП в донных отложениях снизилась, а СПАВ – повысилась. Наиболее ярко эти изменения были выражены в Дербентской котловине (у СПАВ также на шельфовой равнине Среднего Каспия). Нам трудно дать объяснение этому факту, но следует отметить его связь со значительным повышением содержания ОВ в донных отложениях Дербентской котловины.

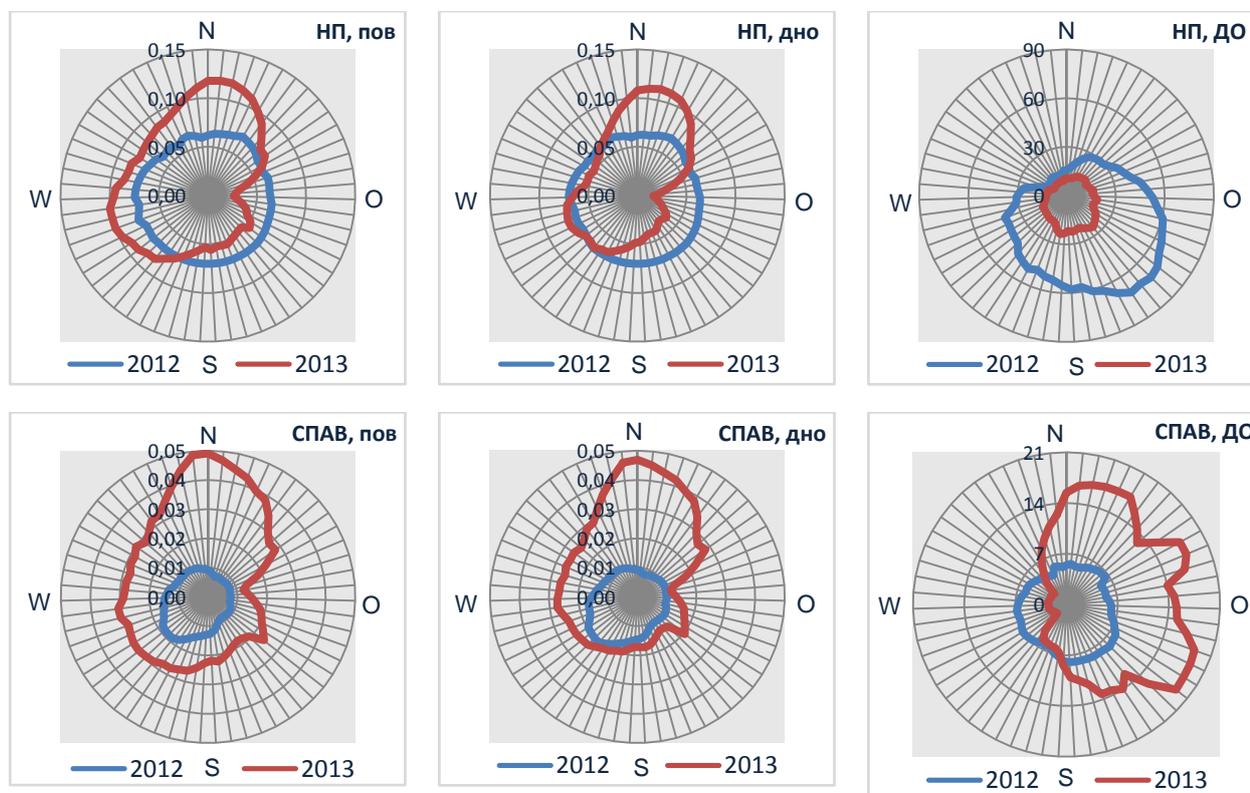
Межгодовые изменения концентрации тяжелых металлов в воде и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря характеризовались следующими особенностями. Средняя концентрация Fe, Mn и Hg в воде ранней осенью 2013 года не изменилась по сравнению с аналогичным периодом прошлого года (табл. 24). Концентрация Pb, Cd и Hg повысилась, а Zn и Ni снизилась. В донных отложениях произошло снижение концентрации тяжелых металлов. Поскольку данные изменения затронули большие по объему водные массы и широкие по площади донные отложения их трудно объяснить локальными процессами. Возможные причины такой изменчивости следует искать в межфазных процессах, активном участии взвеси в геохимической миграции тяжелых металлов. На это указывает, в частности, характер распределения тяжелых металлов вдоль границы РСНП ранней осенью 2013 года. В предыдущем году это распределение в графическом виде было похоже на «трилистник», а в 2013 году на «овал», вытянутый вдоль оси, направленной с северо-запада на юго-восток (рис. 15). Из этого

следует, что в 2013 году повышенная концентрация тяжелых металлов в донных отложениях наблюдалась на устьевом взморье Волги (зона осаждения) и Дербентской котловине (зона накопления), т.е. в начальной и конечной точках пути миграции взвешенных металлов в северо-западной части Каспийского моря. Общей закономерности не соответствует только поведение кадмия, «овал» распределения которого был вытянут вдоль оси, направленной с северо-востока на юго-запад. Но данное исключение только подтверждает правило, так как кадмий, как это было показано выше, в своей миграции связан со взвесью меньше, чем другие металлы.

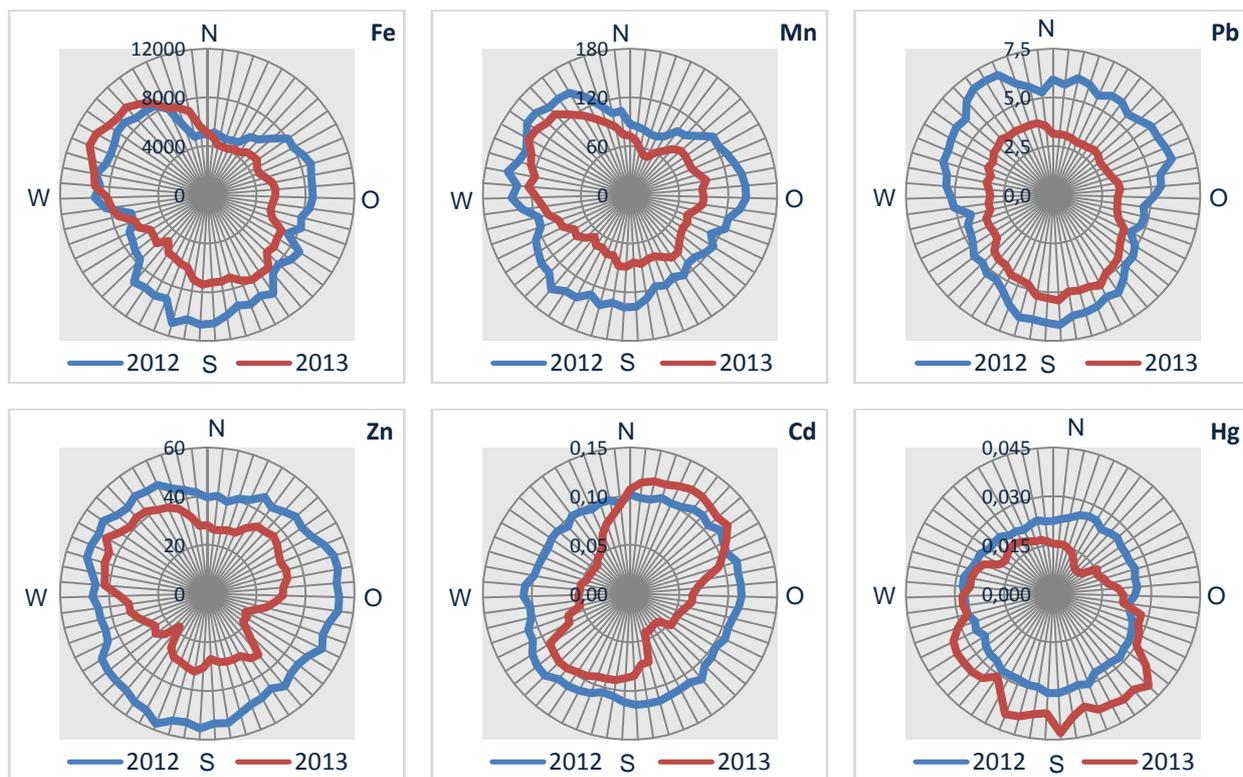
**Таблица 24**

Средняя концентрация загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях в пределах РСНП ранней осенью 2012-2013 гг.

Показатель	2012 г.	2013 г.	2012 г.	2013 г.
	Вода		Донные отложения	
НП (мг/л; мкг/г)	0,07	0,07	34,6	14,3
СПАВ (мг/л; мкг/г)	0,01	0,03	6,2	11,4
Сu(мкг/л; мкг/г)	7,6	6,7	26,4	14,5
Pb(мкг/л; мкг/г)	4,7	9,6	5,7	3,6
Cd(мкг/л; мкг/г)	0,14	0,25	0,11	0,07
Hg(мкг/л; мкг/г)	0,01	0,02	0,03	0,03
Fe(мг/л; мкг/г)	0,14	0,13	7781	5986
Mn(мкг/л; мкг/г)	4,1	4,0	120	84
Zn(мкг/л; мкг/г)	27,4	16,8	49,3	28,6
Ni(мкг/л; мкг/г)	37,4	23,1	30,0	19,2



**Рис. 14** Межгодовые изменения содержания нефтепродуктов и СПАВ в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/л) в северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2012-2013 гг.



**Рис. 15** Межгодовые изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях (мкг/г) в северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2012-2013 гг.

В табл. 25 приведены данные о содержании полициклических ароматических углеводородов и стойких хлорорганических соединений (ХОП и ПХБ) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг. Из этих данных следует, что уровень загрязнения данными токсикантами донных отложений ранней осенью 2013 года практически не изменился по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Обращает на себя внимание другой факт, – поздней осенью 2013 года уровень загрязненности донных отложений был выше, чем ранней осенью 2012 и 2013 гг. (если судить по верхнему пределу значений). Таким образом, сезонные колебания концентрации стойких органических загрязнителей по своему размаху превосходят межгодовые колебания. Наиболее вероятной причиной этого является отмеченная выше активная динамика донных наносов в северо-западной части Каспийского моря.

Результаты исследований показывают, что загрязняющие вещества, попавшие в Каспийское море, вовлекаются здесь в различные физико-химические и биогеохимические процессы. Судя 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.

**Таблица 24**

Содержание углеводородов (ПАУ) и СОЗ (ПХБ и ХОП) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2012-2013 гг.

Загрязняющее вещество	Сентябрь -октябрь	Ноябрь – декабрь	Сентябрь -октябрь
	2012 г.	2012 г.	2013 г.
Сумма ПАУ, мкг/кг	2,4-242	17,3-699	<0,03-309
Сумма ПХБ, мкг/кг	<0,03-6,70	0,35-10,8	<0,03-2,12
Сумма ХОП, мкг/кг	<0,03-1,06	<0,03-4,87	<0,03-2,04
Гексахлорбензол, мкг/кг	<0,03-0,2	<0,03-0,25	<0,03-0,3
Сумма ДДТ, мкг/кг	<0,03-1,15	<0,03-4,72	0,11-1,74
Сумма ГХЦГ, мкг/кг	<0,05	<0,05	<0,05-0,21
Хлорданы, мкг/кг	<0,05	<0,05	<0,05

## Заключение

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2013 году стали продолжением работ, начатых в 2012 г. в соответствии с «Программой мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.», утвержденной УМЗА Росгидромета. В 2013 году, в отличие от предыдущего года, были проведены три широкомасштабные экспедиции (в июле, сентябре-октябре и ноябре-декабре) с целью изучения сезонной изменчивости. Вторая экспедиция по количеству и расположению станций, времени проведения работ полностью соответствовала одной из прошлогодних экспедиций, что позволило проследить межгодовые изменения.

Как и в прошлом году, большое место было уделено проведению наблюдений за состоянием и загрязнением морской среды на морской границе российского сектора. Впервые в отечественной практике данные этих наблюдений вкупе с результатами моделирования поля течений с учетом реальной погоды были использованы для расчета трансграничного переноса загрязняющих веществ. Следует также отметить, что в 2013 году были продолжены наблюдения на станциях международной программы мониторинга Каспийского моря, при этом координаты станций, расположенных на взморье Волги, были уточнены в соответствии с последней версией данной программы.

В сезонных и межгодовых изменениях гидролого-гидрохимических условий не было ничего необычного. Колебания солёности в основном определялись стоком р. Волги и характером циркуляции вод. При уменьшении речного стока и усилении антициклонической циркуляции, как это обычно бывает во второй половине лета, солёность в северо-западной части моря повышается, тогда как осенью при усилении циклонической циркуляции она вновь снижается. Увеличение годового стока Волги в 2013 г. по сравнению с 2012 г. с 230 до 257 км<sup>3</sup> не отразилось на солёности вод по двум причинам: во-первых, оно не было столь большим, чтобы компенсировать влияние 5-ти предыдущих маловодных лет; во-вторых, для оценки межгодовых изменений использовались данные наблюдений в межливневый период, когда распределение солёности в основном зависит от циркуляции вод.

Пространственное распределение донных отложений по гранулометрическому составу и содержанию органического вещества в основных чертах мало подвержено сезонной и межгодовой изменчивости. К этим чертам следует отнести преобладание жестких грунтов (ракуши, песка) в открытой части Северного Каспия, шельфовой равнине Среднего Каспия и в южной части Дагестанского шельфа. В свою очередь, мягкие грунты (алеврит, пелит) преобладают в прибрежных районах Северного Каспия и в северной части Дагестанского шельфа. Между тем в большинстве районов рассматриваемой акватории, за исключением Дербентской котловины, гранулометрический состав в мелких чертах подвержен заметным колебаниям, что указывает на активную динамику донных наносов. В результате исследований обнаружено заметное повышение содержания органического вещества в донных отложениях Дербентской котловины, указывающее, что в 2013 году биологическая продуктивность северо-западной части моря была выше, чем в 2012 году.

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. Зато существенно изменился характер пространственного распределения НП на всей акватории и ее морской границе (рис. 14). Концентрация НП возросла в прибрежных водах и снизилась в открытой части моря, в том числе на морской границе российского сектора недропользования, что еще раз подтверждает высказанный в прошлом году тезис о том, что загрязнение из наземных источников не выходит за пределы этой границы.

Результаты исследований в 2013 году показали, что 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. Образно можно говорить о «речном» происхождении металлов, относящихся к первой группе, и «морском» происхождении металлов, относящихся ко второй группе. По результатам исследований выявлены три области аккумуляции металлов в донных отложениях: две транзитные (Дагестанский шельф и открытая часть Северного Каспия) и одна терминальная (Дербентская котловина). Сезонные и межгодовые изменения концентрации тяжелых металлов отличаются большим размахом, затрагивают большие по объему водные массы и широкие по площади донные отложения, поэтому их трудно объяснить локальными процессами. Возможные причины такой изменчивости следует искать в межфазных процессах, активном участии взвеси в геохимической миграции тяжелых металлов. В 2013 г., как в предыдущем году, повышенная концентрация тяжелых металлов в донных отложениях наблюдалась в устьевом взморье Волги (зона осаждения) и Дербентской котловине (зона накопления), т.е. в начальной и конечной точках пути их миграции.

По сравнению с предыдущим годом, в 2013 г. было увеличено количество проб донных отложений, в которых определялось содержание полициклических ароматических углеводородов и стойких хлорорганических соединений (ХОП и ПХБ). Полученные данные показали, что уровень загрязнения супертоксиантами донных отложений ранней осенью 2013 года практически не изменился по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. Обращает на себя внимание другой факт – поздней осенью 2013 года уровень загрязненности донных отложений был выше, чем ранней осенью 2012 и 2013 гг. (если судить по верхнему пределу значений). Таким образом, сезонные колебания концентрации стойких органических загрязнителей по своему размаху превосходят межгодовые колебания. Наиболее вероятной причиной этого является активная динамика донных наносов в северо-западной части Каспийского моря. В среднем уровень загрязнения стойкими органическими загрязнителями рассматриваемой акватории по сравнению с другими районами Каспийского моря и другими морями можно характеризовать как средний.

Результаты выполненных в 2013 г. исследований загрязнения северо-западной части Каспийского моря позволили сделать еще одно важное обобщение – они показали, что загрязняющие вещества (ЗВ), попавшие в морскую среду, вовлекаются здесь в различные физико-химические и биогеохимические процессы. Судя по размаху сезонных и межгодовых колебаний концентрации ЗВ в различных компонентах морской среды, их масса, вовлеченная в эти процессы, во много раз больше массы ЗВ, ежегодно поступающей в море.

Для комплексной оценки загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря в 2013 году использовался разработанный КаспМНИЦ ансамблевый (многокритериальный и многопараметрический) метод. В соответствии с данным методом комплексная оценка загрязнения представляет собой «ансамбль» из трех оценок: 1) оценки качества, критерием которой является ПДК; 2) оценки аккумуляции, критерием которой является фоновая концентрация; 3) оценки нагрузки, критерием которой является предельно допустимая нагрузка. Рассматриваемая акватория в основном оценивается как умеренно-загрязненная; периодически в отдельных районах – как загрязненная или, напротив, чистая.

Комплексная оценка качества вод проводилась с использованием индекса загрязнения морских вод (ИЗВ). В 2013 г. морская вода в северо-западной части Каспийского моря преимущественно оценивалась как умеренно-загрязненная, в отдельных районах – как загрязненная или чистая. В 2013 г. качество морских вод улучшилось по сравнению с 2012 г. Оба года были схожи в том, что повышенные значения ИЗВ были зафиксированы в прибрежной акватории Северного Каспия и в северной части Дагестанского шельфа. Этот факт также свидетельствует в пользу того, что загрязнение из наземных источников не распространяется за пределы российского сектора недропользования (РСНП).

Новизну исследованиям, выполненным в 2013 году, придает расчет трансграничного переноса ЗВ. Трансграничный перенос рассчитывали по данным мониторинга загрязнения морских вод на основе моделирования поля течений с учетом реальной погоды. Для эксперимента был выбран участок границы РСНП, лежащий между 44 град 20 мин и 46 град 10 мин северной широты. Для характеристики трансграничного переноса было выбрано четыре параметра (суммарный перенос, отток ЗВ, приток ЗВ и результирующий перенос), которые рассчитывались для 14 загрязняющих веществ.

Согласно полученным результатам, наибольший суммарный перенос ЗВ наблюдался в слое воды от 0 до 5 м, при этом результирующий перенос для большинства поллютантов был положительным (приток превышал отток). В слое 5-15 м, напротив, результирующий перенос был отрицательным (отток превышал приток). Разработанная технология расчета трансграничного переноса загрязняющих веществ с использованием данных мониторинга и моделирования может быть востребована для разработки совместных мер по защите морской среды от загрязнения в рамках Тегеранской конвенции.

Планируется, что исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в соответствии с «Программой мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря» будут продолжены в 2014 году.

## Introduction

The study of the state and pollution of the marine environment of the Caspian Sea north-western part in 2013 is the follow-up of the work started in 2012 in accordance with the "Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012 - 2014" adopted by Department for Managing Environmental Monitoring, Polar and Marine Activities of Roshydromet.

In accordance with this Programme, the monitoring was focused on the north-western part of the Caspian Sea, bordering on the RF coastline at the land side, and on international bottom delimitation borderline established for the purpose of subsoil management and adopted in accordance with the agreements signed by the Russian Federation with the Republic of Kazakhstan and the Azerbaijan Republic from 1998 to 2002. This water area is called the Russian Subsoil Management Sector of the Caspian Sea (RSMS). Consequently, transboundary water bodies of the Caspian Sea include North Caspian and Middle Caspian, which are sea sectors having specific regime features. The RSMS is located within this water area.

The main objectives of the "Programme of monitoring of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012-2014" were identified as follows:

- renewal of systematic observations of marine environmental pollution at century cross-sections of the North Caspian, where they were stopped in early 90s of the past century;
- extension of observation network of marine environmental pollution with help of stations located along the RSMS perimeter and stations of the International Monitoring Programme;
- improvement of methods and technologies of pollution diagnosis and assessment of marine environment quality;
- improvement of completeness, validity and significance of information on the state and pollution of the Caspian Sea submitted to the customers;
- implementation of the RF international commitments on carrying out of joint monitoring of the Caspian Sea.

Two large-scale expeditions and a vast volume of laboratory studies carried out by specialists of Roshydromet operational and research institutions were implemented in 2013 within the framework of the "Programme of monitoring of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012-2014". The following institutions were involved: Astrakhan and Dagestan Hydrometeorological Centres, Caspian Marine Scientific Research Centre (KaspMNIZ), State Oceanographic Institute (SOI) and "Science and production association "Typhoon". A four-volume research technical report was prepared on the basis of the obtained materials.

This review summarizes main results of the research implemented in 2013. The Review consists of several sections. The first section covers the information on management and implementation of activities. These sections are followed by materials describing hydrological and hydrochemical conditions, lithological and chemical conditions, spatial and temporal variability of water and bottom sediments pollution throughout the field work period. Special sections are devoted to integrated assessment of marine environmental pollution and results of the special research implemented in 2013 within the framework of scientific and technical support of the monitoring of transboundary water bodies. In conclusion, a generalized summary of the implemented activities is presented.

## 1. Management and implementation of activities

In 2013, field activities within the framework of the monitoring of the Caspian Sea transboundary water bodies were carried out in 10 areas and at 7 cross-sections (including 3 "century" cross-sections), and at 104 marine observation points (oceanographic stations (Fig. 1 and Table 1).

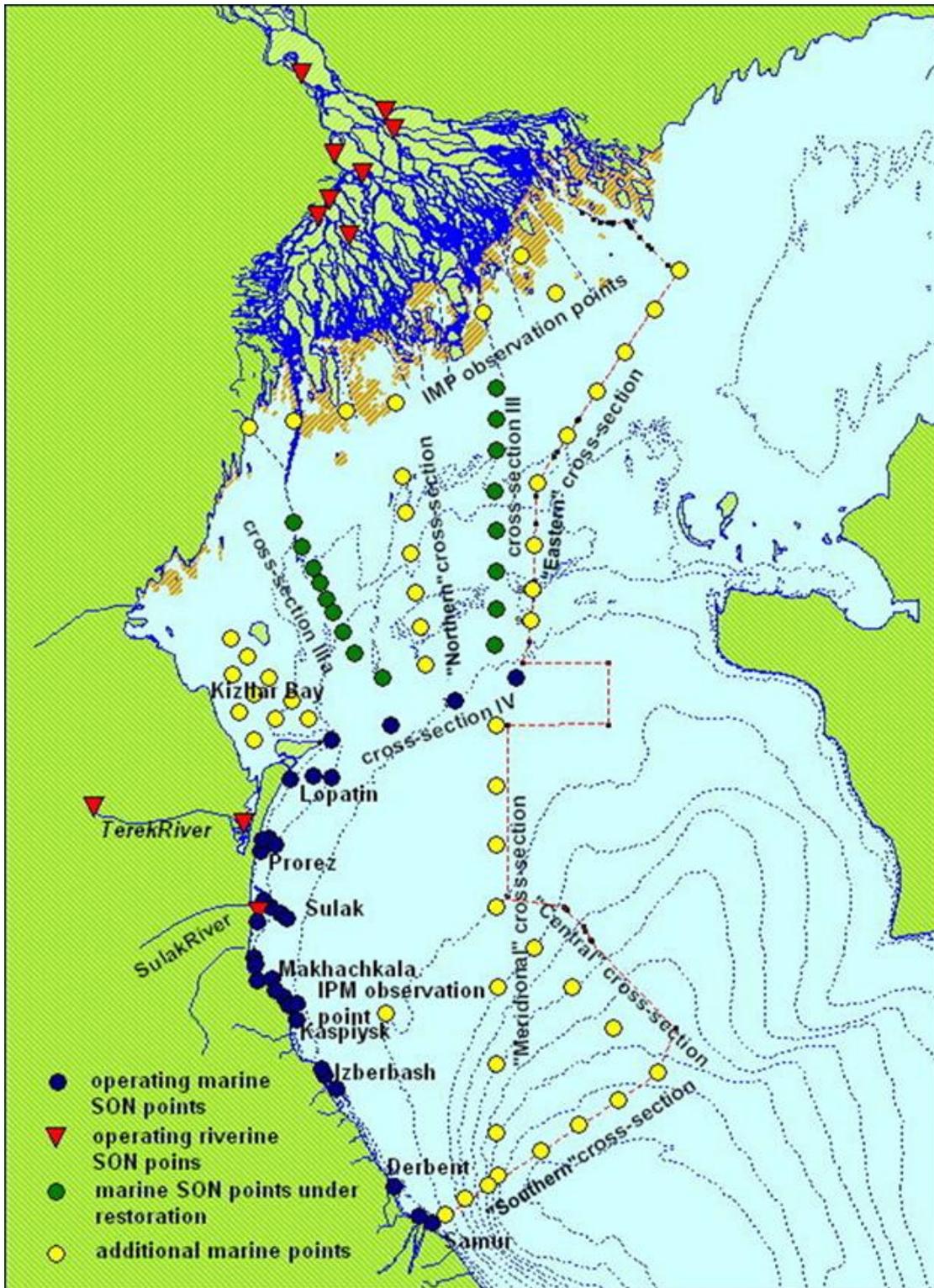


Fig. 1 Map of observation points of state and pollution of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2013

Field works comprised three stages. The first stage covered the period from July 18 to August 5, the second - from September 5 to October 2, and the third - from November 10 to December 16. The second stage included full-scale research, while the first and the third ones were abridged (In summer the studied area included the open part of the North Caspian and the coastal area of the Middle Caspian; in late autumn - the North Caspian and the coastal area of the Middle Caspian).

RSMS water area was subdivided into two areas of responsibility: 1) area of responsibility of Astrakhan HMC, which covered the North Caspian, with the exception of the Kizlyar Bay; 2) area of responsibility of Dagestan HMC, which covered the Kizlyar Bay and the Middle Caspian.

The field works were performed by vessels equipped with all the instruments required for work in shallow and deep-water areas of the Caspian Sea (satellite navigation system, meteorological station, hydrological hoisting device, sampling tools and tools for 1-day chemical analysis).

All meteorological, hydrological and hydrochemical ship observations as well as sampling of water, bottom sediments and suspended matter were carried out in accordance with the requirements of technical regulations and specifications (RD, GOST, GOSTR), guidelines and methodical instructions. Tools certified by the State Register of Measurement Tools were used for observations and measurements.

Chemical analysis of water samples taken in the area of responsibility of Astrakhan HMC for biogenous elements and samples of water and bottom sediments for non-persistent organic pollutants (oil products and synthetic surfactants) was carried out in the certified laboratory of Astrakhan HMC.

Chemical analysis of water samples taken in the area of responsibility of Dagestan HMC for biogenous elements and non-persistent organic pollutants (oil products and synthetic surfactants) was carried out in the certified laboratory of Dagestan HMC. The analysis of bottom sediment samples for non-persistent organic pollutants taken in the area of responsibility of Dagestan HMC was carried out in the certified laboratory of Astrakhan HMC.

The analysis of granulometric composition of bottom sediments irrespectively of sampling location was performed by KaspMNIZ with help of special certified organizations. The analysis of all samples of water, bottom sediments and suspended matter for heavy metals irrespectively of sampling location was performed by the certified laboratory of Astrakhan HMC. The analysis of water and bottom sediment samples for persistent organic pollutants (OCP, PCB, PAH and phthalates) was carried out by SPA "Typhoon".

Meteorological observations were carried out at all the points, while hydrological and hydrochemical observations were held at all the points in the surface and near-bottom layers, with the exception of shallow areas, where the observations covered only surface water layer. Lithological and chemical observations were carried out at all points. All water samples were analysed for non-persistent organic pollutants and heavy metals. Samples of suspended matter were taken and analysed mainly in shallow water areas. Water and bottom sediment samples taken at the stations of International Monitoring Programme, as well as random samples, were analysed for the presence of persistent organic pollutants.

Organizational, methodical, research and technical activities were supported by FSBI "KaspMNIZ". FSBI "SOI", FSBI "SPA "Typhoon" and "Infomar" Ltd. were involved in research and technical support of the activities. The Research and Technical Report and the Review were prepared through joint efforts of FSBI "KaspMNIZ" and FSBI "SOI" and edited by S. Monakhov - Director of FSBI "KaspMNIZ", PhD in Geography.

Table 1

List of areas and observation points of state and pollution  
of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2013

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
<b>1. IMP points in the Volga coastal area</b>		
1ip	49° 16' 05.2"	45° 54' 56.43"
2ip	49° 08' 00"	46° 15' 00"
3ip	49° 04' 23.17"	46° 03' 19.24"
4ip	48° 51' 25.97"	45° 47' 06.78"
5ip	48° 16' 00"	45° 41' 04"
6ip	48° 01' 48.37"	45° 23' 11.86"
7ip	48° 01' 00"	45° 37' 07"
8ip	47° 43' 35.46"	45° 20' 48.50"
9ip	47° 46' 08"	45° 23' 07"
<b>2. "Eastern" cross-section</b>		
1e	50° 01' 05"	45° 58' 41"
2e	49° 51' 54"	45° 49' 12"
3e	49° 41' 42"	45° 38' 20"
4e	49° 32' 02"	45° 28' 41"
5e	49° 21' 22"	45° 17' 35"
6e	49° 10' 30"	45° 05' 35"
7e	49° 09' 36"	44° 49' 48"
8e	49° 09' 00"	44° 38' 35"
9e	49° 08' 17"	44° 30' 36"
10e (station 4 of cross-section IV)	49° 01'	44° 16'
<b>3. Section III of SON</b>		
3.1	48° 56'	45° 29'
3.2	48° 56'	45° 21'
3.3	48° 56'	45° 13'
3.4	48° 56'	45° 03'
3.5	48° 56'	44° 53'
3.6	48° 56'	44° 43'
3.7	48° 56'	44° 33'
3.8	48° 56'	44° 18'
<b>4. "Northern" cross-section</b>		
1n	48° 22' 48"	45° 07' 08"
2n	48° 24' 14"	44° 58' 05"
3n	48° 25' 55"	44° 47' 53"
4n	48° 27' 25"	44° 37' 55"
5n	48° 29' 06"	44° 28' 44"
6n	48° 30' 47"	44° 19' 19"
7n (st. 3 of cross-section IV)	48° 38'	44° 09'
<b>5. Section IIIa of SON</b>		
3a.1	47° 45'	44° 55'
3a.2	47° 48'	44° 49'
3a.3	47° 52'	44° 43'
3a.4	47° 54'	44° 40'
3a.5	47° 56'	44° 36'
3a.6	47° 58'	44° 32'
3a.7	48° 01'	44° 28'
3a.8	48° 04'	44° 22'
3a.9	48° 08'	44° 15'
3a.10 (station 2 of cross-section IV)	48° 15'	44° 02'

Continuation of table 1

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
<b>6. Kizlyar Bay</b>		
1k	47° 22' 01"	44° 25' 48"
2k	47° 28' 19"	44° 21' 14"
3k	47° 35' 35"	44° 15' 54"
4k	47° 43' 34"	44° 10' 08"
5k	47° 49' 52"	44° 05' 24"
6k (station 1 of cross-section IV)	47° 57' 36"	44° 00' 00"
7k	47° 22' 30"	44° 16' 55"
8k	47° 30' 32"	44° 11' 53"
9k	47° 37' 48"	44° 05' 35"
10k	47° 24' 58"	44° 07' 08"
11k (station 8ip)	47° 30' 32"	44° 00'
<b>7. Lopatin</b>		
4	47° 43' 07"	43° 49' 08"
5	47° 49' 07"	43° 49' 01"
6	47° 54' 02"	43° 48' 02"
<b>8. Prorez</b>		
7	47° 34' 20"	43° 34' 08"
8	47° 33'	43° 33'
9	47° 34' 06"	43° 33'
10 (st. 9ip)	47° 38' 07"	43° 33'
11	47° 32' 07"	43° 31' 06"
<b>9. Sulak</b>		
12	47° 34' 60"	43° 18'
13	47° 36'	43° 17'
14	47° 38'	43° 16'
15 (st. 10ip)	47° 40'	43° 15'
16	47° 31' 80"	43° 13'
<b>10. Makhachkala</b>		
37	47° 28' 40"	43° 05' 08"
38	47° 29' 07"	43° 02' 06"
17	47° 30' 05"	43° 00' 40"
19	47° 35' 07"	43° 00' 03"
18	47° 32' 06"	43° 00' 05"
21 (st. 11ip)	47° 35' 07"	43° 00' 04"
36	47° 32' 06"	42° 59' 02"
35	47° 35' 03"	42° 57' 06"
20	47° 30' 40"	42° 59' 40"
<b>11. Kaspiysk</b>		
23	47° 41'	42° 53' 058"
22	47° 39' 04"	42° 55' 07"
39 (st. 12ip)	47° 44' 01"	42° 50'
40	47° 46' 06"	42° 53' 06"
<b>12. Izberbash</b>		
24 (st. 13ip)	47° 55' 06"	42° 33' 06"
25	47° 59' 06"	42° 30' 08"
26	47° 54' 08"	42° 35'

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
<b>13. Derbent</b>		
27	48° 19' 40"	42° 03' 05"
28 (st. 14ip)	48° 19'	42° 03' 09"
<b>14. Samur</b>		
29	48° 33' 04"	41° 54' 20"
30 (st. 15ip)	48° 30'	41° 55' 40"
<b>15. "Meridional" cross-section</b>		
1m	48° 56' 13"	44° 03' 50"
2m	48° 56' 13"	43° 48' 29"
3m	48° 56' 13"	43° 33' 11"
4m	48° 56' 13"	43° 16' 44"
5m	48° 56' 13"	42° 55' 41"
6m	48° 56' 13"	42° 35' 42"
7m	48° 56' 13"	42° 17' 24"
<b>16. "Central" cross-section</b>		
1c	49° 10' 01"	43° 05' 56"
2c	49° 23' 17"	42° 55' 52"
3c	49° 37' 19"	42° 45' 18"
4c	49° 53' 06"	42° 33' 22"
<b>17. "Southern" cross-section</b>		
1s	48° 38' 02"	41° 55' 55"
2s	48° 45' 18"	41° 59' 46"
3s	48° 53' 02"	42° 03' 43"
4s	48° 57' 11"	42° 05' 42"
5s	49° 11' 28"	42° 12' 43"
6s	49° 25' 16"	42° 19' 34"
7s	49° 38' 49"	42° 26' 10"

To summarize the obtained data and analyse the spatial and temporal variability of parameters of state and pollution of the marine environment basic field areas were merged in larger areas in accordance with the scheme presented in Table 2.

Table 2

## Scheme of merging field work areas

Merged areas	Basic areas	Depth, m
Coastal water area of the North Caspian	IMP points in the Volga coastal area Kizlyar Bay	3-6
Open part of the Caspian Sea	"Eastern" cross-section Section III of SON "Northern" cross-section Section IIIa of SON	5-25
Coastal water area of the Middle Caspian	Northern area (Lopatin, Prorez, Sulak) Central area (Makhachkala, Kaspiysk) Southern area (Izberg, Derbent, Samur)	5-25
Open part of the Middle Caspian	"Meridional" cross-section "Central" cross-section "Southern" cross-section	25-650

## 2. Hydrological and hydrochemical conditions

### *Water temperature*

In the summer of 2013, water temperature in the north-western part of the sea made 25-27 °C at the surface and 21-24°C in the near-bottom layer (Table 3). In early autumn, as storms enforced, water temperature at the surface and in the near-bottom layer was more or less even; stratification was observed only in the deep layer of the Middle Caspian. The highest water temperature in this time period was observed in the shallow water part of the North Caspian Sea (22°C) (Fig. 2). In late autumn seasonal water cooling was more intense in coastal areas, while in the open sea part water cooled down slower.

### *Water salinity*

The factors which determined the salinity dynamics in the north-western part of the sea are the Volga discharge and the flow bringing desalinated water along the western sea coast. Because of the reasons mentioned above, water salinity in 2013 as usual increased in the direction from the coast to the sea and from the surface to the bottom (Table 3, Fig. 2). In July, under the effect of flooding the salinity of the North Caspian was at its lowest; after that salinity dynamics was conditioned by fluctuations of the coastal current: it subsided in early autumn causing a rise in salinity and grew stronger in autumn causing the salinity to decline.

### *Dissolved oxygen*

The oxygen conditions in the north-western sea part in 2013 were quite favourable (Table 4). No hypoxic zones were identified in productive areas; relative oxygen deficit was registered in the near-bottom layer of the open part of the Middle Caspian (3.9 mg/l), and oxygen was completely absent at the depths exceeding 600 m (the fact is to be proved). Oxygen concentration in water reached its peak in late autumn (as a result of an increase in oxygen solubility in cold water and the increase of wind mixing).

**Table 3**

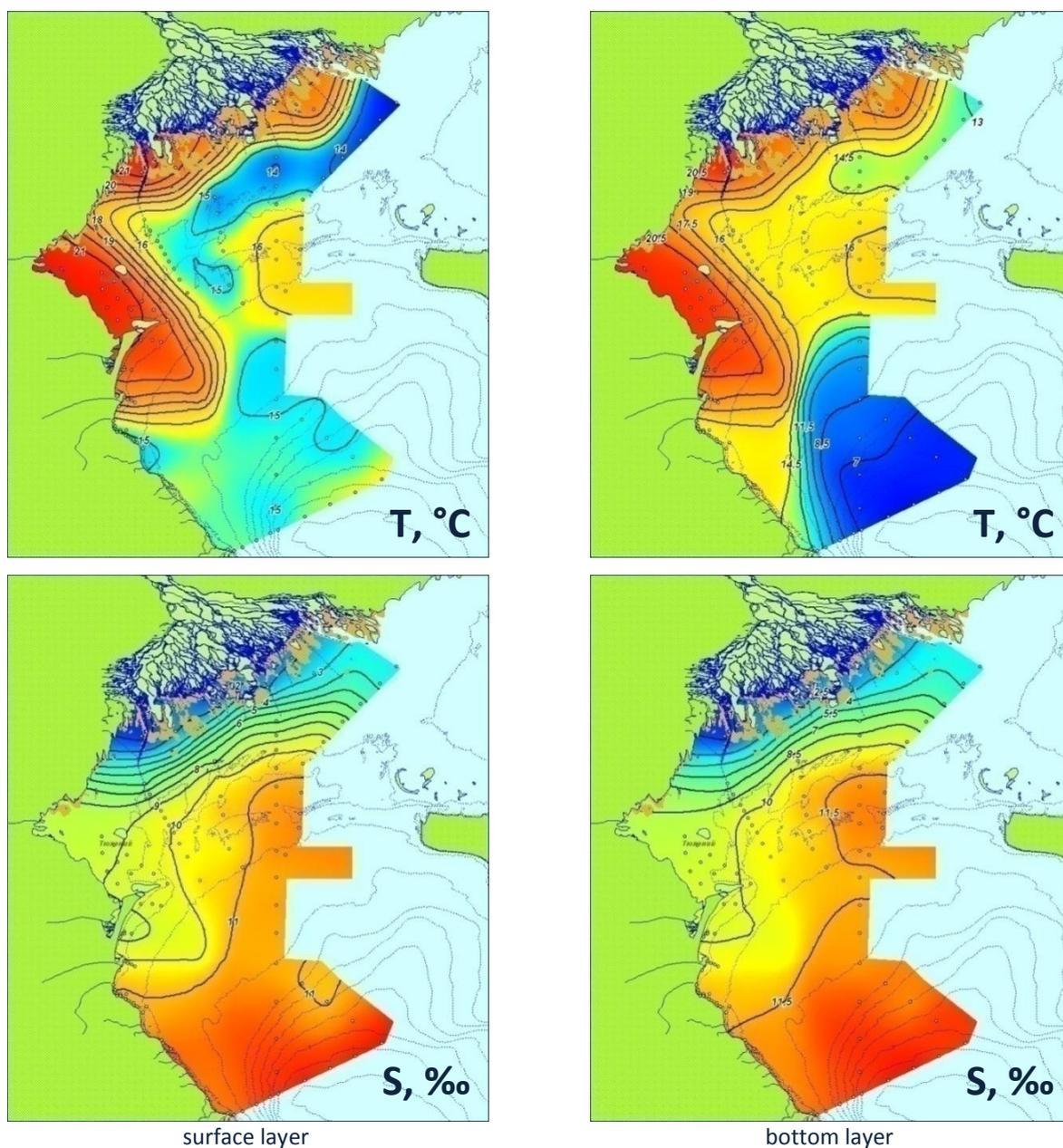
Water temperature and salinity in the north-western part of the Caspian Sea in 2013

Water temperature, °C										
Sea sector	Water area	summer			early autumn			late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
Surface layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	21.2	22.2	19.5	12.2	12.6	11.5
	open	26.9	28.5	24.9	14.9	17.4	13.0	10.7	13.9	8.3
Middle Caspian	coastal	24.8	28.3	18.6	17.1	21.2	13.4	7.1	10.8	2.8
	open	-	-	-	15.2	15.7	14.5	-	-	-
Bottom layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	21.4	21.9	20.5	12.3	12.6	11.8
	open	24.2	27.4	16.2	14.9	17.3	12.4	11.0	13.8	8.2
Middle Caspian	coastal	20.9	25.6	11.0	17.1	21.7	13.0	7.1	10.7	3.0
	open	-	-	-	7.5	14.4	5.3	-	-	-
Water salinity, ‰										
Sea sector	Water area	summer			early autumn			late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
Surface layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	5.6	10.0	0.2	4.9	10.5	0.4
	open	7.4	11.2	2.3	9.4	12.1	2.4	8.7	12.3	3.4
Middle Caspian	coastal	11.0	12.3	7.7	10.5	12.0	7.3	10.2	12.0	6.3
	open	-	-	-	11.7	12.3	10.6	-	-	-
Bottom layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	9.3	10.3	8.1	8.0	10.8	5.7
	open	8.3	12.3	2.4	9.9	12.2	8.5	9.4	12.4	5.3
Middle Caspian	coastal	11.6	12.7	10.0	11.0	12.2	8.5	11.0	12.3	8.7
	open	-	-	-	12.3	13.1	11.0	-	-	-

**Table 4**

Dissolved oxygen in the water of the north-western part of the Caspian Sea in 2013, mg/l

Sea sector	Water area	summer			early autumn			late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
Surface layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	8.7	9.4	8.2	10.4	11.5	9.8
	open	7.8	8.7	6.7	9.7	10.6	8.7	10.7	11.6	9.6
Middle Caspian	coastal	7.7	8.5	6.6	8.9	9.8	7.6	11.4	12.9	9.9
	open	-	-	-	9.2	9.7	8.9	-	-	-
Bottom layer										
North Caspian	coastal	-	-	-	8.0	8.4	7.6	10.0	10.5	9.6
	open	6.3	8.4	2.4	9.4	10.3	8.0	10.2	11.4	8.8
Middle Caspian	coastal	7.1	8.2	5.8	8.7	9.5	7.7	11.0	12.2	9.2
	open	-	-	-	3.9	8.5	0	-	-	-



**Fig. 2** Spatial distribution of water temperature and salinity in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2013

### 3. Lithological and chemical conditions

#### *Summer*

In the summer of 2013 bottom sediments in the open part of the North Caspian Sea were made up mainly of fine sand (40%), and almost equal shares of shell (18%), coarse sand (20%) and aleurite (18%) and a small amount of pelite (4%). In Dagestan shelf, on the contrary, pelite predominated in the bottom sediments (43%), shell and fine sand constituted 20% each and 10% was made up by coarse sand and aleurite (Table 5).

#### *Early autumn*

In early autumn the bottom sediments of the coastal North Caspian area (the Volga estuary and the Kizlyar Bay) were made up by fine sand and pelite (30% each); coarse sand (16%) and aleurite (17%) constituted 33%; less than 10% was constituted by shell (Table 5). Silt fractions accumulated mainly in the Kizlyar Bay. Aleurite content also increased there and in the northern part of the Volga depression (Fig. 3). Fine sand accumulated within the Volga estuary, especially in the area of the Volga - Caspian Canal; coarse sand on the contrary aggregated in the eastern part of the shallow area (Fig. 3).

In the open part of the North Caspian bottom sediments were made up of coarse fractions - shell (20%), coarse and fine sand (33% and 31%); fine fractions - aleurite and pelite were found in small amount (11% and 5%). Coarse fractions mainly accumulated in the area of Mangyshlak Threshold, which separates the North and the Middle Caspian Sea, and in the eastern part of the North Caspian Sea. Pelite content increased in the western sea part, near Chechen Island (Fig. 3).

Silt prevailed in the Middle Caspian in September - October 2013 throughout the whole water area (53 - 57%); in accumulation zones (northern part of Dagestan shelf and the slope of Derbent depression) its content reached up to 98% (Table 5, Fig. 3). As far as other components of bottom sediments were concerned, its composition varied: fine sand predominated in the coastal area of the Middle Caspian (18%), and shell prevailed in the deep-water part (23%). The share of coarse sand and aleurite in the bottom sediments of the Middle Caspian was even less- about 10% each in the coastal area and 5% each in the open sea part.

#### *Late autumn*

The proportions of fractions in bottom sediments in the North Caspian Sea did not change in late autumn; changes were insignificant and did not affect the overall distribution pattern (Table 5). Among these changes, we should note the increase of pelite content in the open part of the North Caspian from 5 to 10% (as the amount of fine sand decreased). Silt still dominated at Dagestan shelf in late autumn (though its amount fell a little - to 44%), however the proportions of other fractions changed: the share of shell (20%) and coarse sand (15%) rose, while the share of fine sand decreased (11%).

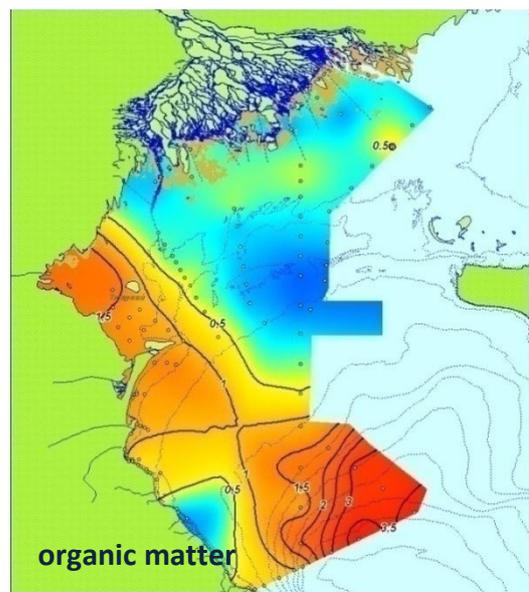
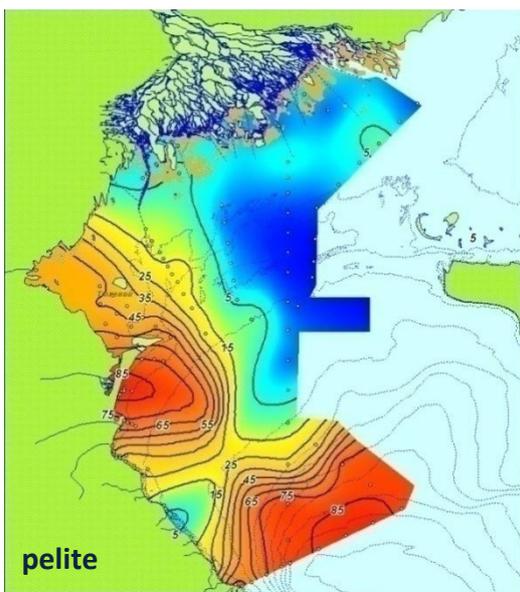
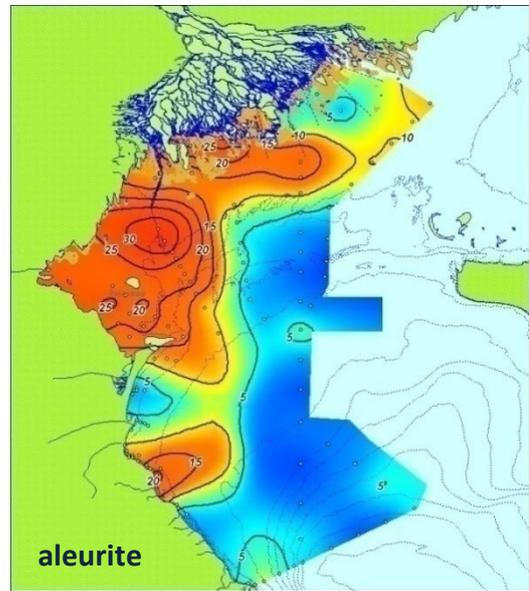
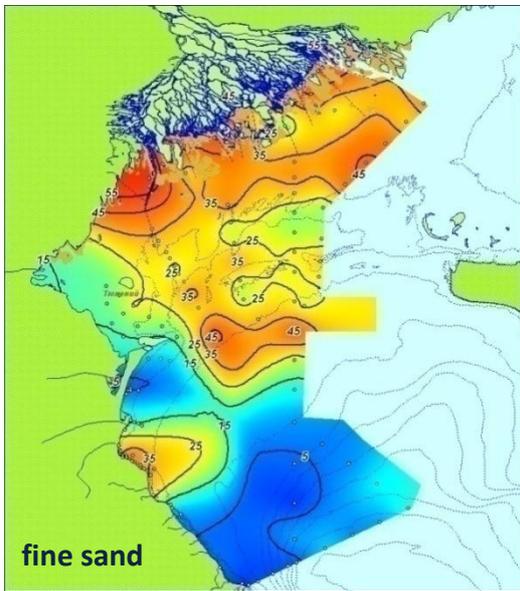
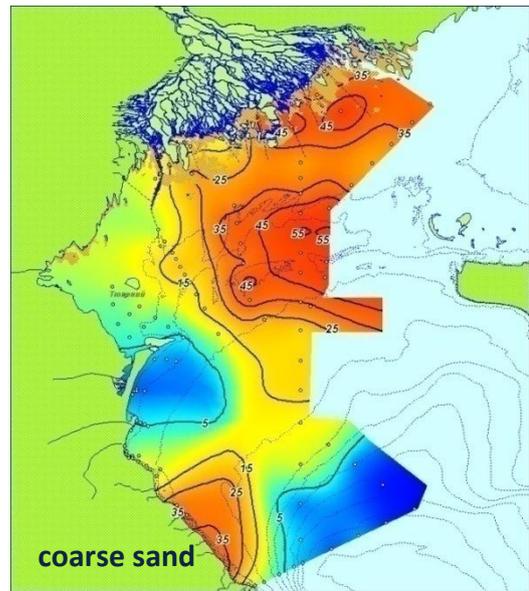
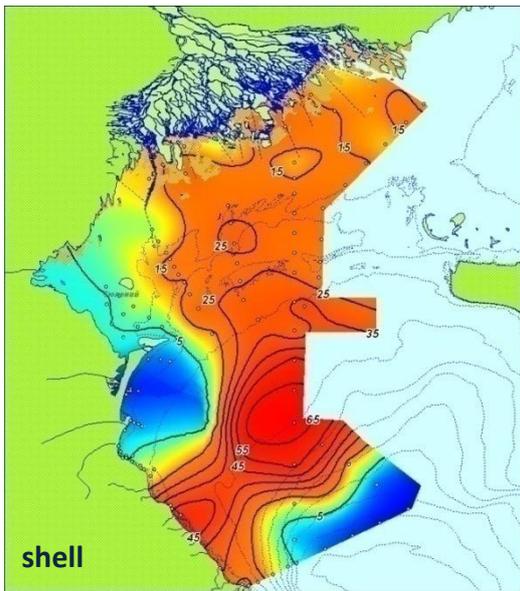
#### *Organic matter*

The dynamics of the organic matter in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea resembles that of pelite. The accumulation zones of organic matter in the Middle Caspian are located in the northern part of Dagestan shelf and on the slope of the Derbent basin, and in the North Caspian - in the northern part of the Volga depression (Fig. 3).

Table 5

The content of different granulometric fractions and organic matter in bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2013, %

Sea sector	Water area	summer			early autumn			late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
<b>Shell (particle size more than 1.6 mm)</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	9.2	40.3	0	7.7	30.7	0
	open	17.5	86.2	0.2	20.3	63.9	0.5	23.1	70.5	0.4
Middle Caspian	coastal	17.4	84.1	0	9.6	77.3	0	19.8	81.8	0
	open	-	-	-	22.6	78.3	0	-	-	-
<b>Coarse sand (1.6 - 0.4 mm)</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	16.0	70.1	0.9	14.0	61.1	1.0
	open	20.4	87.8	0.8	32.7	80.5	1.7	25.5	82.9	1.4
Middle Caspian	coastal	10.0	60.0	0.1	11.1	59.0	0	14.5	50.5	0
	open	-	-	-	5.6	18.8	0	-	-	-
<b>Fine sand (0.4 - 0.1 mm)</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	29.0	73.2	6.9	26.9	63.2	7.0
	open	40.3	73.1	1.5	31.1	83.8	3.6	30.0	82.5	0.9
Middle Caspian	coastal	19.1	78.1	0.2	17.7	85.6	0.4	11.0	54.1	1.4
	open	-	-	-	10.8	79.5	0.57	-	-	-
<b>Aleurite (0.1 - 0.063 mm)</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	17.2	50.2	0.2	22.8	57.2	1.4
	open	17.5	64.4	0.1	11.1	50.0	0.3	11.1	53.5	0.1
Middle Caspian	coastal	10.8	47.9	0.1	8.6	52.3	0.1	11.2	56.5	0.1
	open	-	-	-	4.3	23.6	0.9	-	-	-
<b>Pelite (less than 0.063 mm)</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	28.6	73.1	0.3	28.6	72.3	0.4
	open	4.4	46.7	0.1	5.0	55.1	0.03	10.4	79.7	0.2
Middle Caspian	coastal	42.8	99.4	0.4	52.8	97.7	0.3	43.5	95.2	0
	open	-	-	-	56.7	97.2	0.6	-	-	-
<b>Organic matter</b>										
North Caspian	coastal	-	-	-	0.86	2.78	0.09	1.01	2.43	0.11
	open	0.39	1.36	0.10	0.28	0.81	0.05	0.52	3.56	0.05
Middle Caspian	coastal	1.12	2.80	0.07	0.93	2.96	0	0.98	3.45	0
	open	-	-	-	1.84	4.36	0.27	-	-	-



**Fig. 3** Spatial distribution of granulometric fractions and organic matter in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2013

#### 4. Pollution of sea water and bottom sediments

To estimate marine environmental pollution alongside with the mean concentration we used background concentration which was calculated as the median of the spatial data series by the analogy with geochemical background. Here background concentration describes the contribution of external pollution sources, so the difference between the mean and background concentrations can be considered as an indicator of local processes (pollution or purification) contribution to overall marine pollution.

##### ***Oil products***

In summer the concentration of oil products (OP) in the sea areas covered by observations (open part of the North Caspian Sea and coastal area of the Middle Caspian) varied from 0 to 0.22 mg/l, and in average stood at 0.10 mg/l (Table 6). In early autumn the concentration of oil products within the considered water area fluctuated from 0 to 0.16 mg/l, and the mean concentration in merged observation sections - from 0.04 to 0.09 mg/l.

The maps showing spatial distribution of oil products in the surface and near-bottom layers (Fig. 4) clearly show that higher OP concentrations in early autumn were registered in the shallow Volga estuary area, which points to the entry of pollutants with the Volga runoff. It can also be noticed that the area of oil-polluted waters (>0.05 mg/l) did not cross the border of the Russian subsoil management sector with the exception of a small sector in the north-east, where the Volga waters flow directly into Kazakhstan's sector.

In late autumn the concentration of oil products in the sea areas covered by observations (open part of the North Caspian Sea and coastal area of the Middle Caspian) varied from 0 to 0.12 mg/l, and in average made 0.05 mg/l. As it follows from the data, oil products concentration in the water of the north-western sea part in 2013 fell by two times from summer to winter. In summer mean concentration made 2 MPCs, in late autumn - 1 MPC. Maximum summer concentration stood at 4.4 MPC, while in autumn this figure made 2.4 MPC (in Russia, MPC of oil products in sea water equals 0.05 mg/l).

In 2013 mean oil products concentration in bottom sediments in merged areas of the north-western sea sector measured 35-40 mg/kg in summer, 9-26 mg/kg in early autumn and 16 - 24 mg/kg (Table 6). Temporal changes were obviously caused by oil products sedimentation to the seabed with the suspended matter and their transportation from shallow to deep-water sea sectors.

The spatial distribution of oil products in the bottom sediments of the north-western sea sector in 2013 (Fig. 4) confirms the pattern discovered in the course of monitoring of transboundary water bodies in 2012: the concentrations increased in the direction from the coast to the deep Derbent depression, accumulating silt alluvia, organic matter and oil products in its bottom sediments (Fig. 4).

##### ***Synthetic surfactants***

In 2013 the mean concentration of synthetic surfactants in sea water in the merged areas of the north-western sea sector covered by observations made 0.015 - 0.023 mg/l in summer, 0.017-0.048 mg/l in early autumn and 0.015 - 0.079 mg/l in late autumn (Table 6). In bottom sediments it measured 9.9 - 10.6 mcg/g in summer, 2.2 - 16.6 mcg/g in early autumn and 6.2-26.9 mcg/g in late autumn.

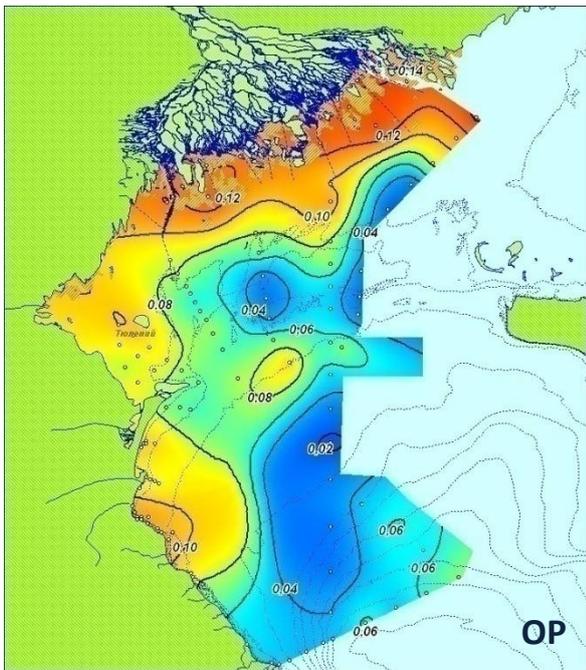
Temporary changes are hard to explain unless we take into account the fact that the method of synthetic surfactants identification identifies the surfactants of both artificial and biogenous origin. It clarifies their gradual concentration increase from summer to autumn and the nature of their spatial distribution (Fig. 5), which coincides with the distribution of phytoplankton in water and the distribution of filter-feeding molluscs in bottom sediments.

It should also be noted, that in autumn some water samples taken in the open part of the North Caspian Sea showed that the concentrations of synthetic surfactants in water exceeded the MPC, but no more than by 2.7 times. Mean concentrations did not exceed the MPC values (in Russia the MPC of synthetic surfactants in sea water amounts to 0.1 mg/l).

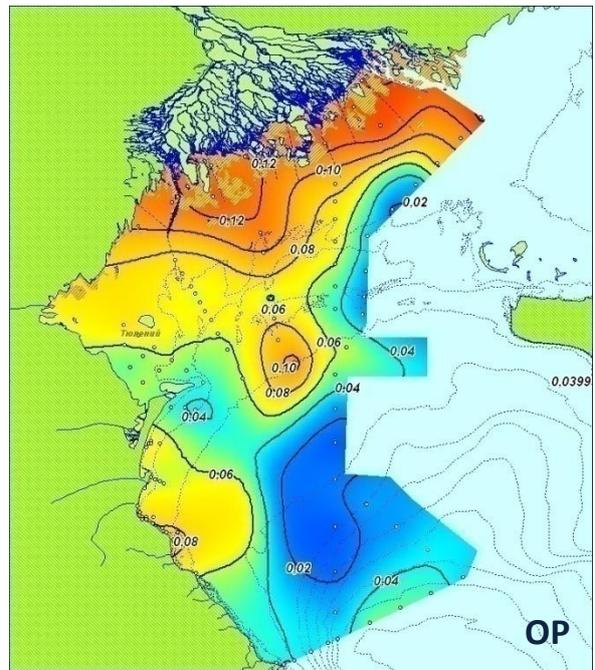
**Table 6**

Concentrations of oil products and synthetic surfactants in water and bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2013

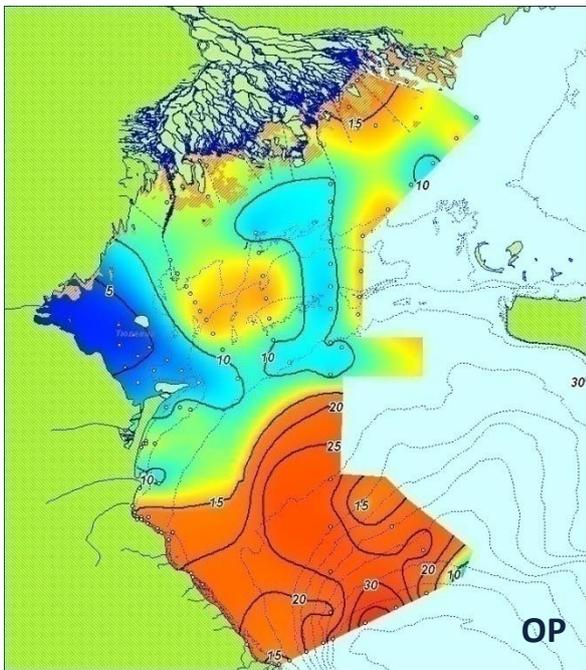
<b>Oil products</b>													
Sea sector	Water area	summer				early autumn				late autumn			
		mean	background	max	min	mean	background	max	min	mean	background	max	min
<b>surface layer, mg/l</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	0.11	0.11	0.15	0.05	0.07	0.07	0.12	0.03
	open	0.10	0.09	0.22	0.05	0.07	0.08	0.16	0	0.03	0.03	0.10	0
Middle Caspian	coastal	0.10	0.11	0.14	0.06	0.09	0.09	0.16	0.03	0.09	0.09	0.12	0.07
	open	-	-	-	-	0.04	0.04	0.09	0.01	-	-	-	-
<b>near-bottom layer, mg/l</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	0.06	0.07	0.12	0.02	0.03	0.03	0.05	0.02
	open	0.09	0.09	0.14	0	0.07	0.08	0.16	0	0.04	0.03	0.09	0
Middle Caspian	coastal	0.09	0.08	0.13	0.03	0.06	0.07	0.13	0.02	0.06	0.06	0.09	0.04
	open	-	-	-	-	0.03	0.03	0.07	0.01	-	-	-	-
<b>bottom sediments, mcg/g</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	8.2	8.8	17.6	0.9	15.5	15.7	45.4	1.5
	open	34.7	33.8	63.0	6.2	11.7	11.1	20.0	2.8	19.2	15.6	68.4	0
Middle Caspian	coastal	39.7	35.9	79.4	8.4	14.8	14.3	38.7	0.8	24.1	20.6	73.4	6.3
	open	-	-	-	-	22.6	25.5	52.8	2.2	-	-	-	-
<b>Synthetic surfactants</b>													
Sea sector	Water area	summer				early autumn				late autumn			
		mean	background	max	min	mean	background	max	min	mean	background	max	min
<b>surface layer, mg/l</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	0.045	0.036	0.092	0.016	0.028	0.022	0.066	0.005
	open	0.019	0.014	0.055	0.007	0.039	0.048	0.099	0	0.079	0.085	0.178	0.004
Middle Caspian	coastal	0.017	0.016	0.024	0.007	0.029	0.032	0.040	0.012	0.015	0.016	0.025	0.006
	open	-	-	-	-	0.018	0.018	0.027	0.009	-	-	-	-
<b>near-bottom layer, mg/l</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	0.024	0.021	0.031	0.016	0.014	0.007	0.044	0.005
	open	0.026	0.020	0.071	0.008	0.043	0.048	0.109	0	0.078	0.078	0.270	0.003
Middle Caspian	coastal	0.012	0.012	0.017	0.005	0.024	0.026	0.037	0.011	0.014	0.014	0.022	0.007
	open	-	-	-	-	0.014	0.015	0.021	0.009	-	-	-	-
<b>bottom sediments, mcg/g</b>													
North Caspian	coastal	-	-	-	-	10.8	2.20	24.3	1.50	6.16	2.60	32.1	1.20
	open	10.6	10.7	24.4	1.30	16.6	7.10	65.6	2.60	26.9	26.2	62.3	2.30
Middle Caspian	coastal	9.90	10.0	26.6	2.50	2.16	2.40	4.00	0	8.12	6.40	29.6	0
	open	-	-	-	-	-	16.2	10.1	57.4	3.20	-	-	-



surface layer

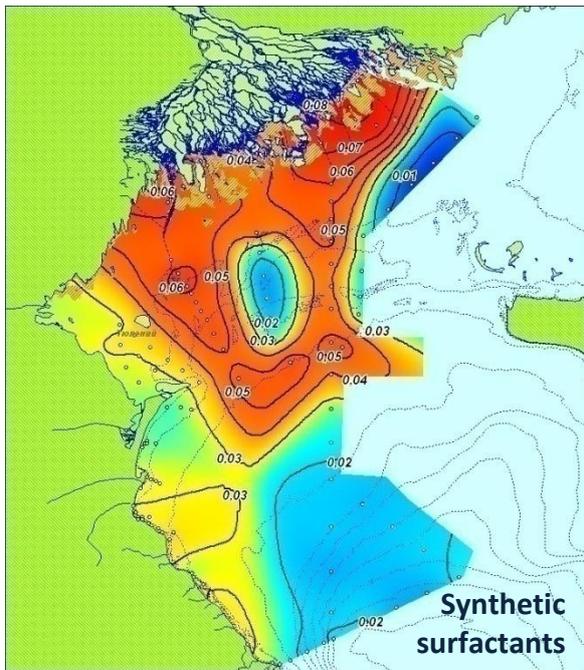


bottom layer

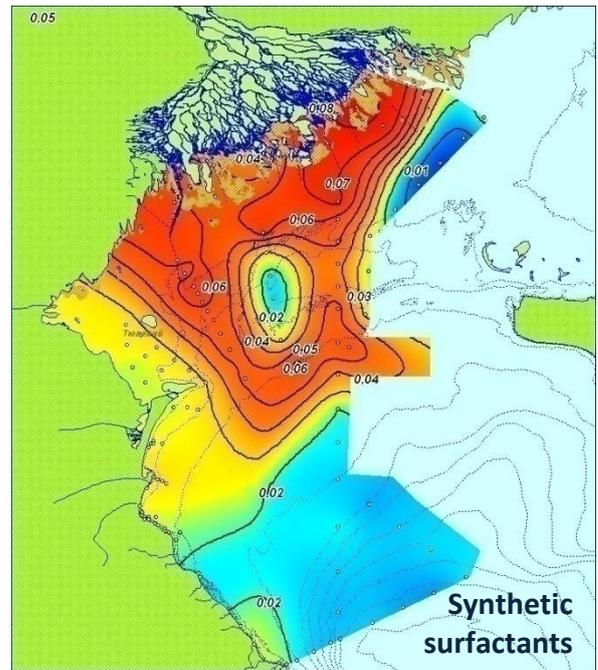


bottom sediments

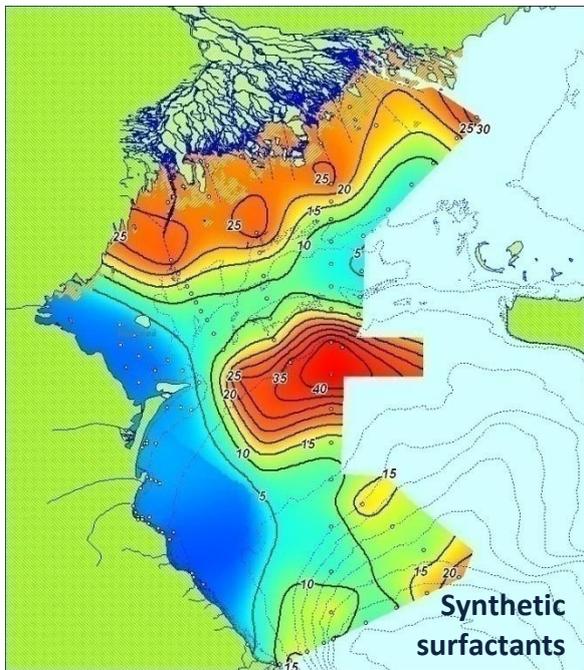
**Fig. 4** Spatial distribution of oil products in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September-October 2013



surface layer



bottom layer



bottom sediments

**Fig. 5** Spatial distribution of synthetic surfactants in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/g) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2013

## ***Heavy metals***

In 2013 the mean concentration of iron in sea water within the north-western sea sector covered by observations measured 0.11-0.15 mg/l in summer, 0.11-0.17 mg/l in early autumn and 0.12 - 0.16 mg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it made 3.5-5.5 mg/g in summer, 4.9-6.8 mg/g in early autumn and 5.2-6.5 mg/g in late autumn. Seasonal fluctuations of iron concentration in water were insignificant; in bottom sediments its content showed a slight increase from summer to late autumn.

Mean manganese concentrations in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations measured 1.5-2.0 mcg/l in summer, 3.1-6.3 mcg/l in early autumn and 2.1-4.2 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it stood at 80-81 mcg/g in summer, 76-91 mcg/g in early autumn and 65-78 mcg/g in late autumn. Manganese concentration in water was growing from summer to late autumn, whereas it was declining in bottom sediments.

Mean concentrations of zinc in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations measured 22-23 mcg/l in summer, 14-21 mcg/l in early autumn and 15-20 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it made 41-42 mcg/g in summer, 26-31 mcg/g in early autumn and 21-28 mcg/g in late autumn. The concentration of zinc fell both in water and bottom sediments from summer to late autumn.

Mean nickel concentrations in sea water in the merged areas of the north-western sea part covered by observations measured 26-32 mcg/l in summer, 16-25 mcg/l in early autumn and 25-29 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it made 25-27 mcg/g in summer, 16-21 mcg/g in early autumn and 15-17 mcg/g in late autumn. The concentration of nickel fell both in water and bottom sediments from summer to late autumn.

Mean concentration of copper in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations stood at 7.3-9.0 mcg/l in summer, 6.1-8.8 mcg/l in early autumn and 5.3-6.2 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it made 18-26 mcg/g in summer, 12-16 mcg/g in early autumn and 13-14 mcg/g in late autumn. The concentration of copper fell both in water and bottom sediments from summer to late autumn.

Mean lead concentration in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations measured 5.3-6.4 mcg/l in summer, 4.0-14.8 mcg/l in early autumn and 3.85-5.3 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it measured 9.5-10.7 mcg/g in summer, 3.0-4.5 mcg/g in early autumn and 5.8-6.9 mcg/g in late autumn. Lead concentration in water was higher in early autumn, while in bottom sediments it was lower than in summer and late autumn. Lead concentration in water was about the same in summer and late autumn, while in bottom sediments summer values significantly exceeded late autumn values.

Mean cadmium concentration in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations measured 0.1-0.3 mcg/l in summer, 0.2-0.5 mcg/l in early autumn and 0.1-0.2 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it measured 0.1-0.3 mcg/g in summer, 0.04-0.10 mcg/g in early autumn and 0.06-0.16 mcg/g in late autumn. The concentration of cadmium declined both in water and bottom sediments from summer to late autumn.

Mean concentrations of mercury in sea water within the merged areas of the north-western sea part covered by observations made 0.02 mcg/l in summer, 0.01-0.03 mcg/l in early autumn and 0.02-0.04 mcg/l in late autumn (Table 7). In bottom sediments it measured 0.03-0.04 mcg/g in summer, 0.01-0.04 mcg/g in early autumn and 0.02-0.05 mcg/g in late autumn. Seasonal fluctuations of mercury concentration in water were slight; in bottom sediments its content slightly rose from summer to late autumn.

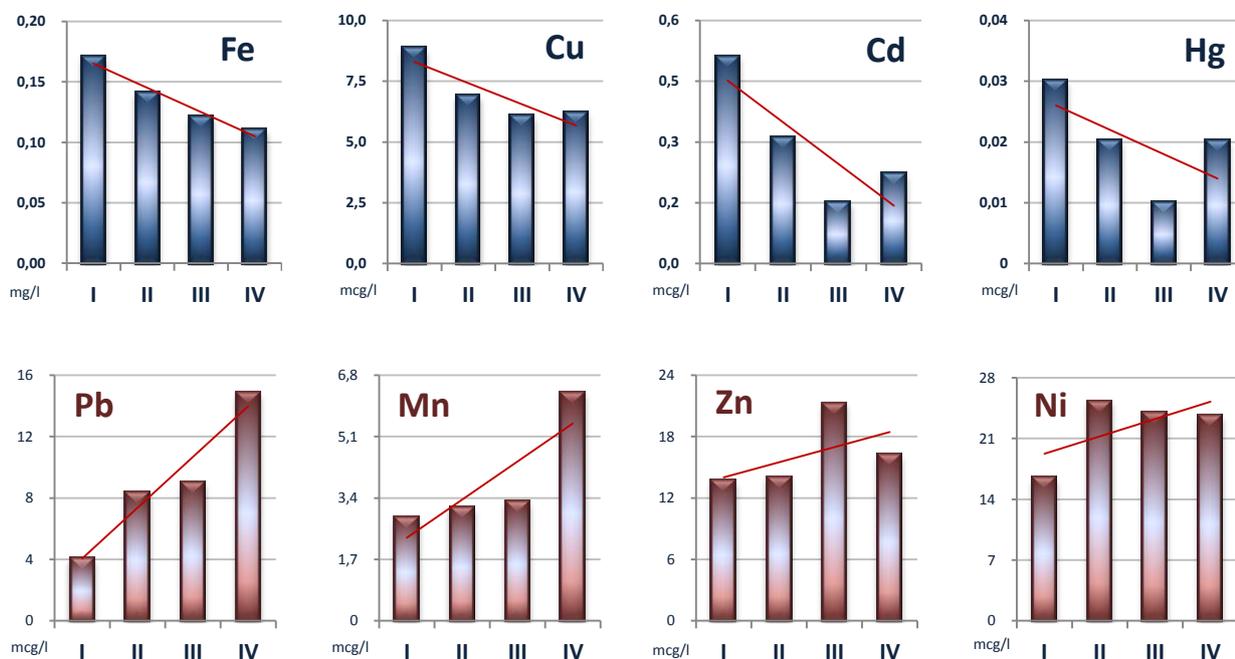
In 2013 the concentrations of three heavy metals in sea water exceeded MPC values for fishery water bodies: iron (MPC=0.05 mg/l), nickel (MPC=10 mcg/l) and copper (MPC=5 mcg/l). MPC-exceeding pollutant values can be explained by specific geochemical conditions of the Caspian Sea and its north-western part in particular, as it receives the main part of surface water and chemical discharge entering this water body.

Table 7

Mean concentration of heavy metals in water and bottom sediments  
in the north-western part of the Caspian Sea in 2013

Sea sector, water area	Water, mcg/l			Bottom sediments, mcg/g		
	summer	early autumn	late autumn	summer	early autumn	late autumn
<b>Iron (mg/l for water, mg/g for sediments)</b>						
North Caspian coastal	-	0.17	0.16	-	5.8	6.5
North Caspian open	0.15	0.12	0.12	3.5	4.9	5.2
Middle Caspian coastal	0.11	0.14	0.14	5.5	6.4	6.5
Middle Caspian open	-	0.11	-	-	6.8	-
<b>Manganese</b>						
North Caspian coastal	-	2.84	2.12	-	76.4	78.1
North Caspian open	1.46	3.27	4.20	81.8	84.6	65.4
Middle Caspian coastal	2.02	3.12	3.16	80.8	90.7	67.7
Middle Caspian open	-	6.30	-	-	83.3	-
<b>Zinc</b>						
North Caspian coastal	-	13.6	19.9	-	28.9	28.1
North Caspian open	22.2	21.2	18.6	41.1	31.1	20.7
Middle Caspian coastal	22.9	14.0	14.7	42.2	26.2	27.1
Middle Caspian open	-	16.1	-	-	28.1	-
<b>Nickel</b>						
North Caspian coastal	-	16.4	29.4	-	15.9	14.8
North Caspian open	31.7	23.9	25.6	26.8	21.3	14.9
Middle Caspian coastal	26.4	25.2	25.4	24.5	20.8	16.5
Middle Caspian open	-	23.5	-	-	18.9	-
<b>Copper</b>						
North Caspian coastal	-	8.82	6.12	-	11.9	12.5
North Caspian open	7.33	6.05	5.25	18.0	14.8	12.9
Middle Caspian coastal	8.97	6.86	6.16	26.4	15.1	14.1
Middle Caspian open	-	6.19	-	-	16.3	-
<b>Lead</b>						
North Caspian coastal	-	4.00	3.81	-	3.59	5.81
North Caspian open	5.31	8.96	5.32	10.7	2.95	6.94
Middle Caspian coastal	6.40	8.32	5.17	9.50	3.53	4.52
Middle Caspian open	-	14.8	-	-	4.52	-
<b>Cadmium</b>						
North Caspian coastal	-	0.51	0.20	-	0.08	0.06
North Caspian open	0.10	0.15	0.09	0.25	0.10	0.16
Middle Caspian coastal	0.34	0.31	0.18	0.13	0.07	0.11
Middle Caspian open	-	0.22	-	-	0.04	-
<b>Mercury</b>						
North Caspian coastal	-	0.03	0.04	-	0.01	0.02
North Caspian open	0.02	0.01	0.02	0.04	0.02	0.05
Middle Caspian coastal	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05
Middle Caspian open	-	0.02	-	-	0.04	-

The spatial distribution of heavy metals was assessed in accordance with the early autumn field trip, when observations covered the whole water area under consideration. By distribution nature, all the metals are clearly subdivided into two groups, which can be seen in Figure 6. The first group, which is characterized by increased metal content in the coastal waters of the North Caspian and decreased content in the open sea part, comprised Fe, Cu, Cd and Hg. The second group showing lower concentration of metals in the coastal waters of the North Caspian and higher concentrations in the open sea included Mn, Zn, Ni and Pb. Thus we can say that the first-group metals are of riverine origin, while the second group originates in the sea.



**Fig. 6** Distribution of heavy metals in the water of the north-western sector of the Caspian Sea in early autumn of 2013 (I - coastal area of the North Caspian; II - coastal area of the Middle Caspian; III - open area of the North Caspian; IV - open area of the Middle Caspian)

Specific features can be traced in spatial distribution of heavy metals in bottom sediments. The maps in Figs. 7a and 7b show three areas of metal accumulation: two transit ones (Dagestan shelf and the open part of the North Caspian) and a terminal one (the Derbent depression). Highest concentrations of heavy metals were most often registered in the bottom sediments of the Derbent depression (Fe, Cu, Pb, Hg), more rarely in the open area of the North Caspian (Zn, Ni, Cd) and the occurrence of high concentrations in Dagestan shelf was occasional.

Table 8 includes the data on content and correlation of heavy metals in water, suspended matter and bottom sediments in the coastal areas of the North and Middle Caspian Sea in summer and autumn of 2013. It follows that the suspended matter is enriched with heavy metals more than the other marine environmental components. Heavy metals concentration in suspended matter exceeds that in water by 3-4 times and by orders that in bottom sediments.

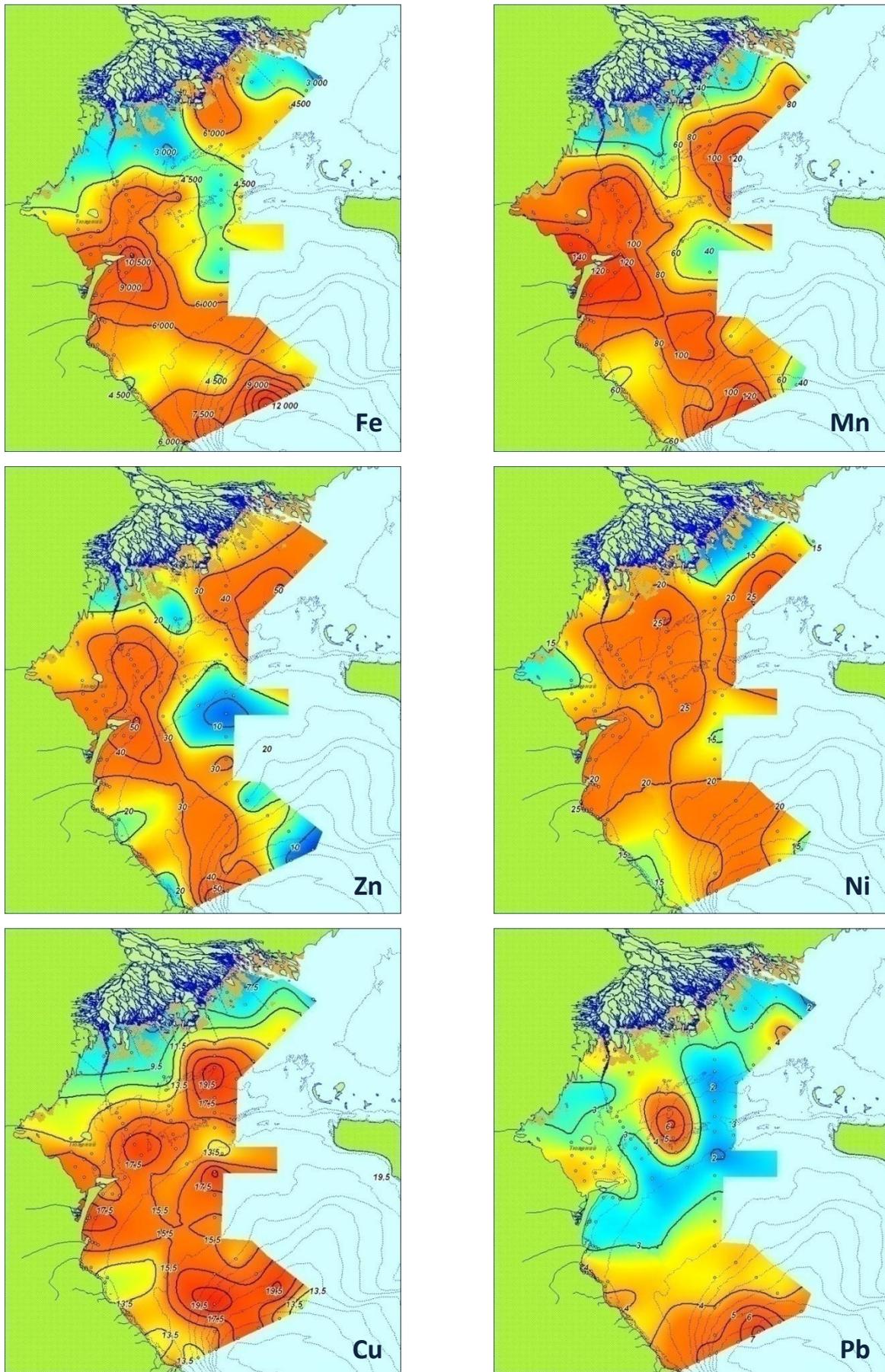
Fe and Mn have the highest correlation suspended matter / water, while Cd, Zn and Ni show the lowest correlation. Cd and Hg have the highest correlation suspended matter / bottom sediments, whereas Fe, Cu and Ni show the lowest correlation value. Thus we can say that iron has the strongest link with suspended matter (combination of high correlation suspended matter/water with the low correlation suspended matter/bottom sediments), whereas cadmium has the weakest link (combination of the low correlation suspended matter/water with the high correlation suspended matter/bottom sediments). This might be the reason why iron helps more distinctly trace the migration route of heavy metals in the north-western part of the Caspian Sea, leading from on-land sources to the bottom sediments of the Derbent basin.

Table 8

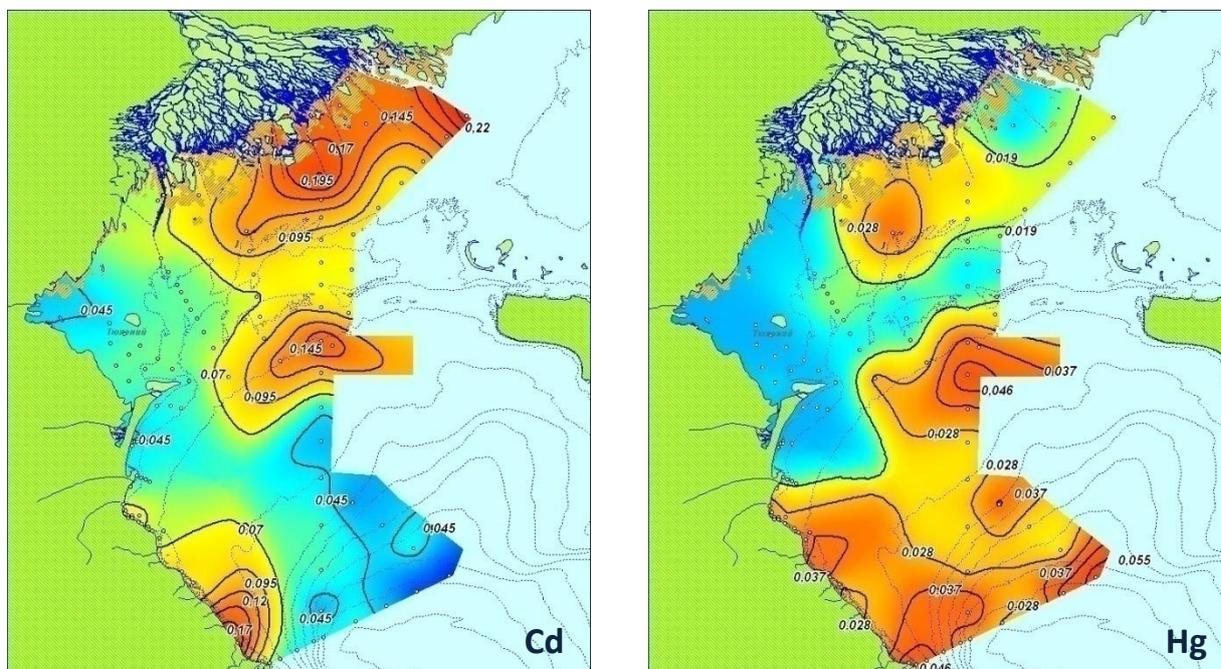
Content and correlation of heavy metals in water, suspended matter and bottom sediments in the coastal area of the North and the Middle Caspian in summer and autumn of 2013 (mg/kg)\*

Component of the marine environment	North Caspian		Middle Caspian	
	early autumn	late autumn	early autumn	late autumn
<b>Iron</b>				
Water	0.14	0.16	0.13	0.14
Suspended matter	11103	8917	10333	10292
Bottom sediments	4889	3090	5536	6676
Suspended matter / Water	82244	56615	81847	74270
Suspended matter/ Sediments	2.27	2.89	1.87	1.54
<b>Manganese</b>				
Water	0.0028	0.0013	0.0032	0.0032
Suspended matter	114	130	112	131
Bottom sediments	46.0	50.2	71.1	70.9
Suspended matter / Water	40835	99769	35189	40849
Suspended matter/ Sediments	2.48	2.58	1.57	1.85
<b>Zinc</b>				
Water	0.019	0.023	0.011	0.015
Suspended matter	56.8	41.2	33.1	94.1
Bottom sediments	20.6	23.6	23.0	24.4
Suspended matter / Water	2941	1774	3123	6332
Suspended matter/ Sediments	2.76	1.74	1.44	3.85
<b>Nickel</b>				
Water	0.016	0.033	0.017	0.021
Suspended matter	70.2	44.5	20.0	15.0
Bottom sediments	15.4	13.3	18.3	12.7
Suspended matter / Water	4376	1352	1194	714
Suspended matter/ Sediments	4.57	3.36	1.09	1.18
<b>Copper</b>				
Water	0.008	0.006	0.007	0.008
Suspended matter	25.9	24.9	16.7	29.7
Bottom sediments	8.7	10.8	16.9	13.9
Suspended matter / Water	3104	4377	2532	3864
Suspended matter/ Sediments	3.00	2.31	0.99	2.14
<b>Lead</b>				
Water	0.002	0.005	0.010	0.006
Suspended matter	17.8	23.5	13.2	15.9
Bottom sediments	3.4	5.0	3.9	4.9
Suspended matter / Water	9392	4882	1347	2882
Suspended matter/ Sediments	5.27	4.70	3.42	3.22
<b>Cadmium</b>				
Water	0.00031	0.00040	0.00031	0.00024
Suspended matter	0.60	0.57	0.53	0.62
Bottom sediments	0.11	0.05	0.11	0.13
Suspended matter / Water	1948	1549	1695	2611
Suspended matter/ Sediments	5.68	10.56	4.83	4.69
<b>Mercury</b>				
Water	0.00002	0.00005	0.00002	0.00004
Suspended matter	0.06	0.10	0.14	0.07
Bottom sediments	0.02	0.02	0.03	0.04
Suspended matter / Water	3263	2243	6750	1923
Suspended matter/ Sediments	3.65	5.19	4.91	1.61

\*Note: the averaged data are shown for the stations where samples of water, bottom sediments and suspended matter were taken



**Fig. 7a** Spatial distribution of iron, manganese, zinc, nickel, copper and lead in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2013



**Fig. 7b** Spatial distribution of cadmium and mercury in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2013

## 5. Persistent organic pollutants

Chemical and analytical study of samples of water and bottom sediments taken in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2013 was carried out in SPA "Typhoon" Observations were carried out in 3 stages: in summer - along the "century" IIIa cross-section (open part of the North Caspian, the Volga - Caspian Canal, 9 observation points); in early autumn - within the whole water area of the north-western sea part (49 observation points); in late autumn - in the Kizlyar Bay (coastal area of the North Caspian, 11 observation points). Bottom sediments samples were analysed for polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), polychlorinated biphenyl (PCB), organochlorine pesticides (OCP), and phthalates; sea water samples were analysed for the content of polycyclic aromatic hydrocarbons. The total concentration of OCP, PCB, PAH and phthalates was calculated for each sampling point.

### *Polycyclic aromatic hydrocarbons*

In the summer of 2013, the total PAH concentration in North Caspian water (IIIa cross-section, The Volga - Caspian Canal) ranged from 5 to 80 ng/l, and in average stood at 59.4 ng/l. Naphthalene and acenaphthylene made the main contribution to the total concentration at almost all the stations. Concentrations of pyrene and its derivants did not exceed detection limits of the analytical method.

In early autumn of 2013, PAH concentration in water samples taken in the north-western part of the Caspian Sea varied from 0 to 321 ng/l; the mean value stood at 83.4 ng/l (Table 9). Spatial distribution was characterized by high variability. The highest PAH concentration was registered in the open sea area of the north-western part of the Caspian Sea. These pollutants were hardly present in the coastal area. Naphthalene and the relevant hydrocarbons (acenaphthene and acenaphthylene) had the highest concentrations. The pyrogenous PAHs (pyrene and its derivants) were not identified.

In the summer of 2013, the total PAH concentration in water in the coastal area of the North Caspian (the Kizlyar Bay) ranged from 11 to 25 ng/l, and in average made 17 ng/l. The main contribution to pollution was made by acenaphthylene, chrysene and fluorantene derivants. Benz(a)pyrene was not identified.

Table 9

Total PAH content (ng/l) in the near-bottom water layer  
of the north- western part of the Caspian Sea in early autumn of 2013

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	0	125	2.0	97.4	83.4
Maximum	0	321	6.0	299	321
Minimum	0	0	0	0	0

Note: RSMS - Russian Subsoil Management Sector of the Caspian Sea

The total PAH concentrations in bottom sediments of the North Caspian (IIIa cross-section, the Volga-Caspian Canal) in summer varied from 9.9 to 112.4 mcg/kg dry weight, the mean value being 42 mcg/kg. Polyarenes of the naphthalene group prevailed. Mean concentration of benz(a)pyrene was 0.64 mck/kg. In September-October the mean concentration of total PAH in bottom sediments of the north-western sector of the sea amounted to 56.3 mcg/kg (Table 10). The concentration varied within a wide range - from traces to 309 mcg/kg. The concentration increased in the coastal areas of the Middle Caspian. In November - December the mean concentration of total PAH in bottom sediments of the coastal area of the North Caspian amounted to 34.4 mcg/kg, and the fluctuation range measured from 4.76 to 109.8 mcg/kg.

Table 10

Total PAH (mcg/kg) in bottom sediments in early autumn of 2013

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	43.6	32.3	87.2	52.4	56.3
Maximum	132	220	309	82.4	309
Minimum	2.4	0	2.3	11.8	0

### *Polychlorinated biphenyls*

In summer of 2013 the content of PCB in the bottom sediments of the open part of the North Caspian Sea (IIIa cross-section, the Volga - Caspian canal) measured 1.02 mcg/kg dry weight (at the entry to the Canal) and 1.49 mcg/kg (at its marine edge). In September-October the mean concentration of PCB in bottom sediments of the north-western sector of the sea amounted to 0.65 mcg/kg. The concentration varied from traces to 2.12 mcg/kg (Table 11). Spatial distribution was quite even. In late autumn, mean PCB concentration in bottom sediments of the coastal area of the North Caspian (the Kizlyar Bay) made 0.08 mcg/kg. Maximum concentration stood at 1.27 mck/kg, and minimum - at 0.22 mcg/kg.

Table 11

The content of total PCB (mcg/kg) in bottom sediments in early autumn of 2013

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	0.52	0.19	0.85	0.76	0.65
Maximum	1.20	0.24	2.02	2.12	2.12
Minimum	0.11	0.14	0.03	0	0

### Organochlorine pesticides

In the summer of 2013 the following pesticides were identified in the sediments: benzachlor (0.06 mcg/kg at the entry to the Volga - Caspian Canal and 0.05 mcg/kg at its marine edge) and 4,4-DDE (0.07 mcg/kg at the marine edge of the canal). In early autumn, the mean concentration of OCP in bottom sediments in the Russian subsoil sector made 0.36 mcg/kg; the range varied from 0 to 2.04 mcg/kg (Table 12). Spatial distribution was quite uneven; the highest concentrations of pesticides were identified in the coastal area of the Middle Caspian. In late autumn of 2013 OCP content in the sediments of the open sector of the North Caspian varied from 0.03 to 0.14 mcg/kg, and the average value made 0.06 mcg/kg. The total OCP were mainly made up of: benzachlor (0-0.07 mcg/kg),  $\gamma$ -HCCH (0-0.06 mcg/kg), 4,4-DDE (0-0.06 mcg/kg), and 4,4-DDD (0-0.11 mcg/kg).

**Table 12**

The content of total OCP (mcg/kg) in bottom sediments in early autumn of 2013

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	0.07	0.03	0.97	0.04	0.36
Maximum	0.22	0.07	2.04	0.11	2.04
Minimum	0	0	0.11	0	0

### Phthalates

Samples of water and bottom sediments of the Caspian Sea were first analyzed for the presence of highly toxic compounds- phthalates - within the framework of the monitoring programme in 2012. These compounds are widely used in industry, mainly as polymer flexibilizer. It should be noted that among them there are substances belonging to the 1st class of hazard, for example bis(2-ethylhexyl)phthalate (BEHP). Apart from BEHP, the samples were analyzed for the presence of dimethylphthalate (DMP), diethylphthalate (DEP), di-n-butylphthalate (DBP), di-n-octylphthalate (DOP), and butylbenzylphthalate (BBP).

In the summer of 2013 phthalates were identified in the bottom sediments of the open part of the Caspian Sea in the quantity of 1,632 mcg/kg (at the entry to the Volga-Caspian Canal) and 1,310 mcg/kg at its marine edge. The largest contribution to the total concentration was made by di-n-butylphthalate (953 mcg/kg at the entry to the canal and 1,076 at its marine edge). In September - October the mean concentration of phthalates in the bottom sediments of the north-western sea part made 4,554 mcg/kg, and the concentrations ranged from 131 to 17,209 mcg/kg (Table 13).

**Table 13**

The content of phthalates in the bottom sediments (mcg/kg) in early autumn of 2013

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	2802	406	3421	8641	4554
Maximum	8319	769	5493	17209	17209
Minimum	364	131	828	3039	131

The spatial distribution of phthalates in the water area under consideration was very uneven. In the North Caspian, the content of phthalates in the coastal sediments was almost by 7 times higher than that in the open sea sector. The highest pollution level was observed in the open part of the Middle Caspian. Here we observed not only the highest mean concentration of phthalates in the bottom sediments, but also the absolute maximum for the whole water area of the Russian sector within the considered period.

## 6. Integrated assessment of marine environmental pollution and quality

To assess marine environmental pollution in the north-western part of the Caspian Sea in 2013 we have used the multi-criterial and multi-parametric approach developed by KaspMNIZ. In accordance with this method, the integrated pollution assessment presents an "ensemble" of three estimates: 1) quality estimate, where MPC serves as a criterion ( $C_1$ ); 2) accumulation estimate with background concentration is a criterion ( $C_f$ ); and load estimate, where maximum permissible load is a criterion ( $\Delta_{lf} = C_l - C_f$ ). The ensemble assessment includes all the chemical parameters which MPCs are standardized (Table 14). As far as no standards are set for bottom sediment pollutants in Russia, foreign standards were used for the ensemble pollution assessment (Table 15).

**Table 14**

MPC of pollutants in sea water adopted in Russia

Name of the pollutant	MPC in sea water
Oil products	0.05 mg/l
Ammonium nitrogen	0.4 mg/l
BOD <sub>5</sub>	2.0 mg/l
Iron	0.05 mg/l
Zinc	0.05 mg/l
Nickel	0.01 mg/l
Copper	0.005 mg/l
Lead	0.01 mg/l
Cadmium	0.01 mg/l

**Table 15**

MPC of pollutants in marine bottom sediments adopted abroad

Name	MPC in marine bottom sediments
Oil products	50 mg/kg
Zinc	124 mg/kg
Nickel	15.9 mg/kg
Copper	18.7 mg/kg
Lead	30.2 mg/kg
Cadmium	0.7 mg/kg

The ensemble assessment (E) has three variations: 1)  $E_1 = E/n$ ; 2)  $E_2 = E/N$ ; 3)  $E_3 = E_{max}$ , where n is the total number of standardized and measured parameters; N is the number of pollution parameters, which  $E > 0$ ;  $E_{max}$  is maximum E value.  $E_1$  is a *generalized* estimate,  $E_2$  is a *priority* estimate and  $E_3$  is an *extreme* estimate. To classify and describe the pollution of marine water area in accordance with the ensemble assessment we use the scale presented in Table 16.

**Table 16**

Classification of marine water area pollution in accordance with the ensemble assessment

Class of pollution	Verbal assessment	Numerical assessment
First	Clean	Less or equal to 0.05
Second	Moderately polluted	ranging from 0.51 to 1.50
Third	Polluted	ranging from 1.51 to 2.50
Fourth	Dirty	ranging from 2.51 to 3.50
Fifth	Very dirty	More or equal 3.51

In accordance with the generalized estimate, in early autumn sea water in the Volga estuary was moderately polluted; in accordance with the priority estimate it was described as polluted, and in accordance with the extreme estimate - as dirty (Table 17). In late autumn, the level of pollution fell: in accordance with the generalized and priority estimates the water was classified as moderately polluted, according to the extreme estimate - as polluted. Water pollution in the Kizlyar Bay did not change throughout the autumn period (although numerical values of all the estimates went down): in accordance with the generalized and priority estimates, the water was moderately polluted, in accordance with the extreme estimate it was polluted. Bottom sediments in the coastal area of the North Caspian were classified as clean, with the exception of the extreme estimate of bottom sediments in the Kizlyar Bay in late autumn, where they were classified as moderately polluted.

**Table 17**

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area of the North Caspian in the autumn of 2013

Environmental component	Early autumn			Late autumn		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Volga coastal area</b>						
water	1.37	1.76	3.00	0.88	1.17	1.67
sediments	0.00	0.33	0.33	0.06	0.33	0.33
<b>Kizlyar Bay</b>						
water	0.93	1.04	2.00	0.63	0.83	1.67
sediments	0.17	0.33	0.33	0.44	0.44	0.67

	clean		moderately polluted		polluted		dirty
--	-------	--	---------------------	--	----------	--	-------

Sea water in the open part of the North Caspian in the summer of 2013 was described as moderately polluted in accordance with the generalized and priority estimates, and in accordance with the extreme estimate it was polluted, but not everywhere. The water in the surface layer at III SON cross-section referred to dirty, and at Northern cross-section - to moderately polluted (Table 18).

**Table 18**

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part of the North Caspian in the autumn of 2013

Environmental component	summer			early autumn			late autumn		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>"Eastern" cross-section</b>									
surface	0.63	1.00	1.67	1.06	1.05	2.00	0.25	0.67	1.33
bottom	0.63	0.83	1.67	1.06	1.05	2.33	0.42	1.11	1.67
sediments	0.33	0.67	1.33	0.28	0.55	1.00	0.22	0.67	0.67
<b>Section III of SON</b>									
surface	0.96	1.10	2.67	0.93	1.04	2.00	0.42	0.83	1.33
bottom	0.83	1.11	1.67	0.78	1.40	2.00	0.58	0.93	1.33
sediments	0.39	0.58	1.33	0.22	0.33	0.33	0.17	0.50	0.67
<b>"Northern" cross-section</b>									
surface	0.54	0.87	1.33	0.81	1.22	2.00	0.54	0.72	1.33
bottom	0.54	1.08	1.67	0.81	1.05	2.00	0.33	0.67	1.33
sediments	0.33	0.67	1.00	0.39	0.78	1.67	0.44	0.53	1.33
<b>Section IIIa of SON</b>									
surface	0.88	1.00	1.67	0.89	0.89	1.67	0.33	0.67	1.33
bottom	0.63	1.25	2.33	0.85	0.85	2.00	0.58	0.93	1.67
sediments	0.28	0.42	0.67	0.28	0.42	0.67	0.39	0.47	1.00

	clean		moderately polluted		polluted		dirty
--	-------	--	---------------------	--	----------	--	-------

In early autumn, sea water in the open part of the North Caspian was moderately polluted according to the generalized and priority estimates, according to the extreme estimate the water was polluted. In late autumn the level of water pollution decreased: in accordance with the generalized estimate, clean water was identified at Eastern cross-section, in the near-bottom layer of Northern cross-section, in the surface layers of III and IIIa SON cross-sections; the extreme estimate classified the water as moderately polluted for most of the water area. The level of bottom sediments pollution in the open part of the North Caspian didn't suffer sufficient changes. In accordance with the generalized estimate they were described as clean; in accordance with priority and extreme estimates - as clean and moderately polluted.

Sea water and sediments in the coastal area of the Middle Caspian in the summer of 2013 were characterized as clean or moderately polluted in accordance with the generalised and priority estimates; in accordance with the extreme estimate they were moderately polluted or polluted (Table 19). In early autumn, water pollution according to the generalized and priority estimates did not change much, though it increased in accordance with the extreme estimate.

**Table 19**

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area of the Middle Caspian in the summer and autumn of 2013

Environmental component	summer			early autumn			late autumn		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Lopatin</b>									
surface	0.67	0.76	1.33	1.41	1.41	2.33	0.38	0.75	1.33
bottom	0.58	0.78	1.67	0.81	1.47	2.33	0.44	0.70	1.67
sediments	0.50	0.60	1.00	0.28	1.94	1.00	0.17	0.33	0.33
<b>Prorez</b>									
surface	0.71	0.94	1.33	0.70	1.27	2.00	0.54	0.72	1.33
bottom	0.58	0.67	1.33	0.89	1.00	2.67	0.42	0.67	1.00
sediments	0.72	1.08	1.33	0.39	0.58	1.33	0.33	0.40	0.67
<b>Sulak</b>									
surface	0.83	1.11	1.67	0.81	1.05	2.00	0.58	0.93	1.67
bottom	0.42	0.67	1.00	0.78	1.00	3.00	0.63	0.83	1.67
sediments	0.78	0.78	2.00	0.33	0.50	1.00	0.44	0.67	1.67
<b>Makhachkala</b>									
surface	0.54	0.72	1.33	0.93	1.39	2.00	0.50	0.57	1.00
bottom	0.46	0.61	1.33	0.89	1.00	2.00	0.67	0.89	2.00
sediments	0.50	0.75	1.67	0.39	0.78	1.67	0.50	0.75	2.00
<b>Kaspiysk</b>									
surface	0.58	0.67	1.00	0.70	1.06	1.67	0.50	0.80	1.33
bottom	0.42	0.67	1.00	0.78	1.00	2.00	0.67	0.89	1.67
sediments	0.28	0.33	0.33	0.11	0.33	0.33	0.22	0.33	0.33
<b>Izberg</b>									
surface	0.54	0.87	1.33	0.74	1.11	1.67	0.46	0.73	1.00
bottom	0.54	0.87	1.67	0.93	1.04	2.67	0.67	0.76	1.67
sediments	0.72	0.72	1.67	0.28	0.42	0.67	0.33	1.00	1.67
<b>Derbent</b>									
surface	0.50	1.00	1.00	0.67	1.20	1.67	0.29	0.58	0.67
bottom	0.21	0.83	1.00	0.63	0.95	1.67	0.42	0.56	1.00
sediments	0.22	0.67	1.00	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00
<b>Samur</b>									
surface	0.42	0.83	1.00	0.52	1.17	1.33	0.33	0.67	1.00
bottom	0.46	1.22	1.67	0.48	1.09	1.67	0.38	0.75	1.33
sediments	0.22	0.67	0.67	0.00	-	0.00	0.00	-	0.00

	clean	moderately polluted	polluted	dirty
--	-------	---------------------	----------	-------

In early autumn the waters in the areas of Lopatin, Makhachkala, Kaspiysk and Derbent were classified as polluted, and in the areas of Prorez, Sulak and Izberg - as polluted or dirty. The pollution of bottom sediments either stayed the same or fell in most areas.

In late autumn, in accordance with the generalized estimate the water was classified as clean, in accordance with the priority estimate - as moderately polluted and according to the extreme estimate - as moderately polluted in the surface layer (with the exception of the Sulak estuary) and polluted in the near-bottom layer (with the exception of Prorez, Derbent and Samur). Bottom sediments in Sulak, Makhachkala and Izberg were classified as moderately polluted in accordance with the priority estimate, and as polluted in accordance with the extreme estimate. According to all the estimates, sediments in Lopatin, Kaspiysk, Derbent and Samur were clean.

In the early autumn of 2013 sea water in the open part of the Middle Caspian was moderately polluted according to the generalized and priority estimates, and polluted according to the extreme estimate (Table 20). Bottom sediments were clean according to all the estimates.

**Table 20**

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part of the Middle Caspian in early autumn of 2013

Environmental component	early autumn		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>"Meridional" cross-section</b>			
surface	0.70	1.27	1.67
bottom	0.93	1.19	2.00
sediments	0.06	0.33	0.33
<b>"Central" cross-section</b>			
surface	1.07	1.21	2.33
bottom	0.85	1.28	2.00
sediments	0.17	0.33	0.33
<b>"Southern" cross-section</b>			
surface	0.74	1.11	2.00
bottom	0.74	1.11	2.00
sediments	0.22	0.33	0.33

	clean		moderately polluted		polluted		dirty
--	-------	--	---------------------	--	----------	--	-------

The integrated assessment of sea water quality was implemented in accordance with the "Guidelines on formalized integrated assessment of surface and sea water quality by hydrochemical parameters" (M., Roshydromet, 1988). The calculation of water pollution index (WPI) accounted for the concentrations of dissolved oxygen, oil products, ammonium nitrogen and copper in water. The calculation results are presented in Table 21. As it follows from the data provided, in 2013 sea water in the north-western part of the Caspian Sea was generally assessed as moderately polluted, in some areas – as polluted or clean.

Table 22 shows mean WPI values for marine water in the merged areas of the north-western part of the Caspian Sea in 2012-2013 (mean values cannot be used to assess quality, but they make it possible to judge about its changes in time and space). As it follows from the available data, marine water quality in 2013 improved as compared to the previous year. Another difference is that in 2012 water quality deteriorated from early to late autumn, whereas in 2013 it improved. These two years were similar in increased MPI value in the coastal area of the North Caspian and in the northern part of Dagestan shelf. It points to the fact that the reduction of coastal water quality conditioned by pollution from on-land sources does not spread across the borders of the Russian subsoil management sector.

Table 21

Marine water pollution indices (WPI) in the north-western part of the Caspian Sea in 2013

Area of study	WPI					
	July - August		September - October		November - December	
	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom
<b>Coastal water area of the North Caspian</b>						
Volga coastal area	-	-	1.25	-	0.90	-
Kizlyar Bay	-	-	1.05	0.94	0.79	0.49
<b>Open part of the North Caspian</b>						
Eastern	0.93	1.13	0.62	0.60	0.52	0.56
Section III of SON	0.86	1.00	0.94	0.77	0.54	0.50
Northern	1.19	1.18	0.79	0.95	0.60	0.65
Section IIIa of SON	0.99	0.88	0.75	0.76	0.48	0.50
<b>Coastal water area of the Middle Caspian</b>						
Lopatin	1.26	1.31	1.06	0.75	0.88	0.75
Prorez	1.47	1.32	1.15	1.02	1.10	0.79
Sulak	1.28	1.04	0.93	0.78	1.13	0.87
Makhachkala	0.99	0.82	1.13	0.87	0.99	0.81
Kaspiysk	1.01	0.98	1.13	1.00	0.76	0.69
Izberg	0.97	0.75	0.95	0.68	0.97	0.79
Derbent	1.25	1.10	0.85	0.76	0.99	0.58
Samur	1.40	1.34	0.61	0.50	0.90	0.58
<b>Open part of the Middle Caspian</b>						
Meridional	-	-	0.42	0.89	-	-
Central	-	-	0.92	0.92	-	-
Southern	-	-	0.64	0.82	-	-

Note: the following colour notations are used

	polluted water
	moderately polluted
	clean

Table 22

Mean marine water pollution indices (WPI) in the merged areas of the north-western Caspian Sea region in 2012-2013

Sea sector, water area	2012				2013			
	September - October		November - December		September - October		November - December	
	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom
North Caspian coastal	0.92	-	1.20	-	1.15		0.85	
North Caspian open	0.88	0.88	1.02	1.12	0.78	0.77	0.54	0.55
Middle Caspian coastal 1	0.97	0.96	1.22	1.23	1.07	0.86	1.03	0.81
Middle Caspian coastal 2	0.92	0.90	0.83	0.81	0.89	0.74	0.91	0.66
Middle Caspian open	0.84	1.03	0.81	1.09	0.66	0.88	-	-
<b>Mean WPI</b>	<b>0.91</b>	<b>0.94</b>	<b>1.02</b>	<b>1.06</b>	<b>0.91</b>	<b>0.81</b>	<b>0.83</b>	<b>0.67</b>

\* Note: Middle Caspian, coastal 1 (northern part of Dagestan shelf) includes reference areas Lopatin, Prorez, Sulak, Makhachkala; Middle Caspian, coastal 2 (southern part of Dagestan shelf) includes reference areas Kaspiysk, Izberg, Derbent, Samur

## 7. Assessment of water exchange and transboundary transfer of pollutants

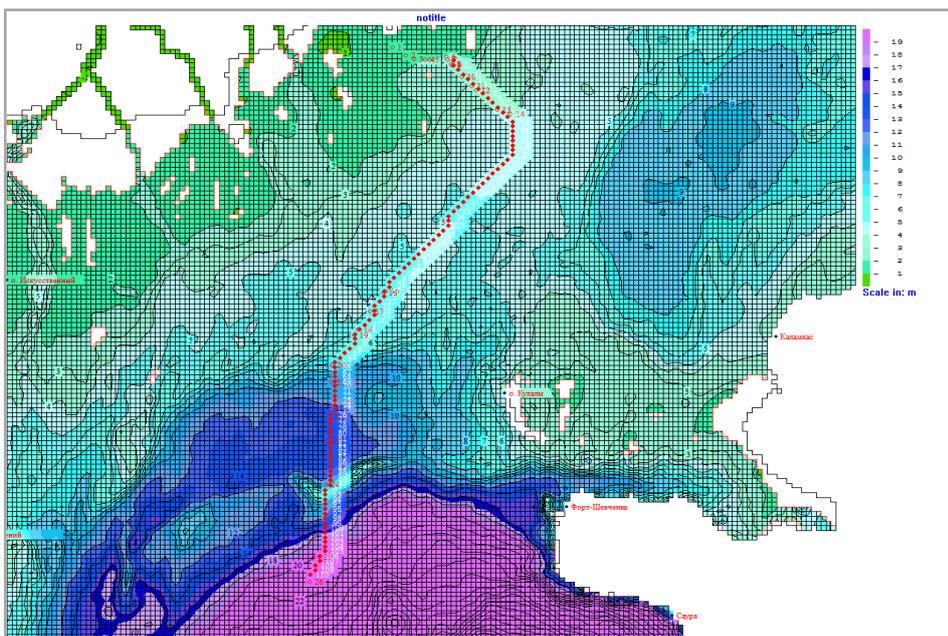
The location of monitoring stations at the borderline of the Russian subsoil management sector (Fig. 1) makes it possible to assess transboundary transfer of pollutants under the condition that the data of chemical analyses will be completed with the data on water exchange, speed and direction of currents along the borderline in all the horizons from surface to bottom in the course of hydrochemical observations. Such data cannot be obtained instrumentally; the only way to solve this problem is to use the verified hydrodynamic model coupled with the regional atmospheric model. Roshydromet disposes of such a technology; it is used for real-time forecasting of level and current fields.

Currently, the automated system of real-time information processing of Hydrometeorological Centre of Russia operates a real-time hydrodynamic model of the Caspian Sea with the resolution of 3x3 nautical miles. At the same time, the new model with the resolution of 1x1 nautical miles is tested. The higher resolution made it possible to give a more detailed description of the coastal and bottom relief. In addition, the calculation technique includes daily water discharges at the top of the Volga delta. Generally, the higher resolution and additional parameters of the new model help to get more adequate calculated characteristics of the Caspian Sea level and currents and extend its application sphere, including monitoring and marine environment protection.

For the first experimental calculation, we selected a sector of RSMS borderline, lying between 44 20' and 46 10' northern latitude, which was subdivided into 11 sectors by drawing parallels every 10 minutes (nautical miles). The site was not selected at random; as the field study at "Eastern" cross-section was carried out here from October 5 to October 20, 2013 (the location of the cross-section is presented on the map in Fig. 16). In this connection, we refer to the sector under study as the "Eastern" sector.

The high-resolution model was adapted to the diagnostic calculations of water exchange and transboundary pollutants transfer by "INFOMAR" company. The calculations made use of the model data on the speed and direction of currents, and X and Y components of the current speed within each of the grid blocks of the model located at the demarcation line with the set temporal discreteness (Fig. 8). Internal and external water discharge was estimated for each of the grid blocks of the demarcation line, time period and water layer. The obtained results were summarized for the eleven sectors.

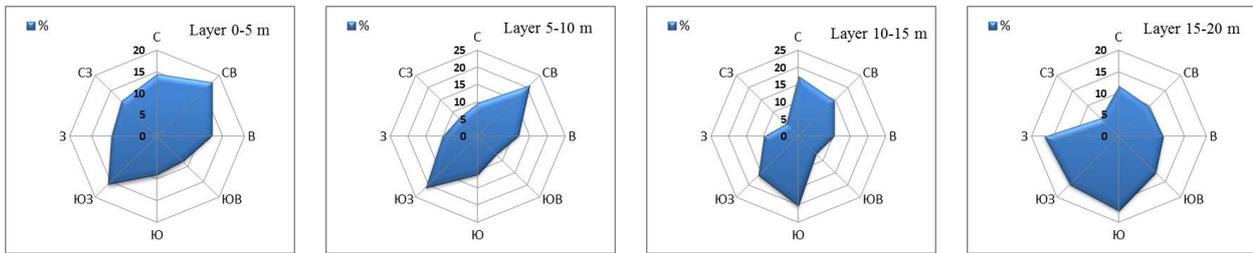
The calculations for "Eastern" cross-section within the considered time period showed that there prevailed the currents directed along the axis from south-west to north-east (Fig. 9). Overall water exchange from October 5 to October 20, 2013 made 158.7 km<sup>3</sup>. Water outflow from RSMS exceeded inflow by 4.9 km<sup>3</sup> (81.8 km<sup>3</sup> of water left the Russian subsoil management sector, while 76.9 km<sup>3</sup> entered it). The most intensive water exchange was observed in the central part of "Eastern" cross-section (Fig. 10).



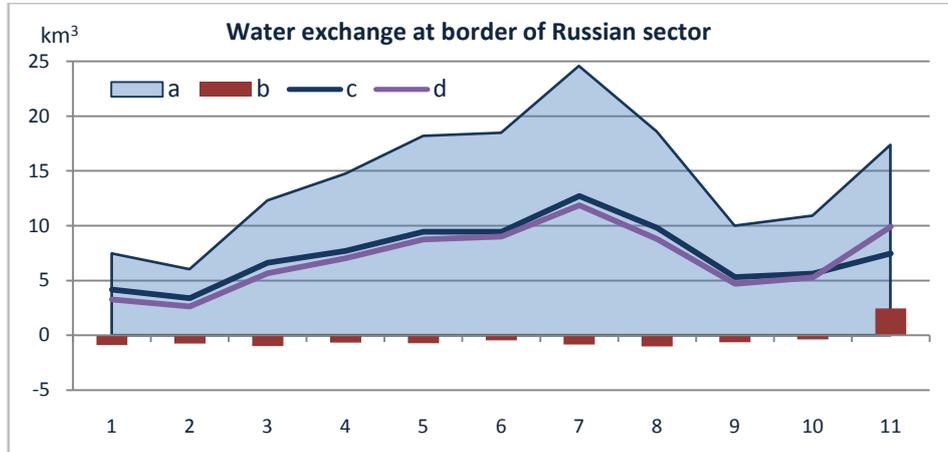
**Fig. 8**  
High-resolution hydrodynamic model of the Caspian sea

The location scheme of grid blocks used to estimate water exchange and pollutants transfer

Grid block size (1,852x1,852x5m)



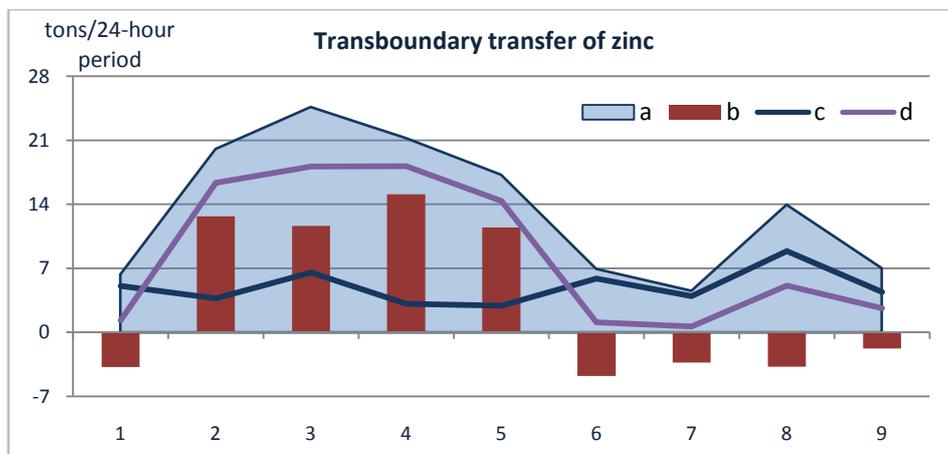
**Fig. 9** The occurrence of currents by directions at "Eastern" cross-section from 5 to 20 October, 2013



**Fig. 10** Water exchange in different sectors of "Eastern" cross-section from 5 to 20 October, 2013 in the water layer 0 - 20 m. On X-axis: numbers of sectors from the north to the south; a - total water exchange; b - resultant water exchange; c - water outflow; d - water inflow

Transboundary transfer was estimated for 14 pollutants: oil products, synthetic surfactants, naphthalene, 1-methylnaphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, copper, lead, cadmium, mercury, iron, manganese, zinc and nickel. As well as water exchange, transboundary transfer was described by four parameters: total transfer, outflow, inflow of pollutants and resultant transfer (inflow minus outflow).

The biggest total transfer was observed in the water layer from 0 to 5 metres. The resultant transfer for most pollutants with the exception of synthetic surfactants, 1-methylnaphthalene, acenaphthylene and acenaphthene was positive (inflow exceeded outflow). In water layer ranging from 5 to 15 metres the resultant transfer was negative (outflow exceeded inflow). It should also be noted that the values of total and resultant transfer varied in different sectors of the "Eastern» cross-section (Fig. 11).



**Fig. 11** Transboundary transfer of zinc in the water layer ranging from 0 to 5 metres in different sections of "Eastern" cross-section from October 5 to 20, 2013. On X-axis: numbers of sectors from the north to the south; a - total transfer; b - resultant transfer; c - water outflow; d - water inflow

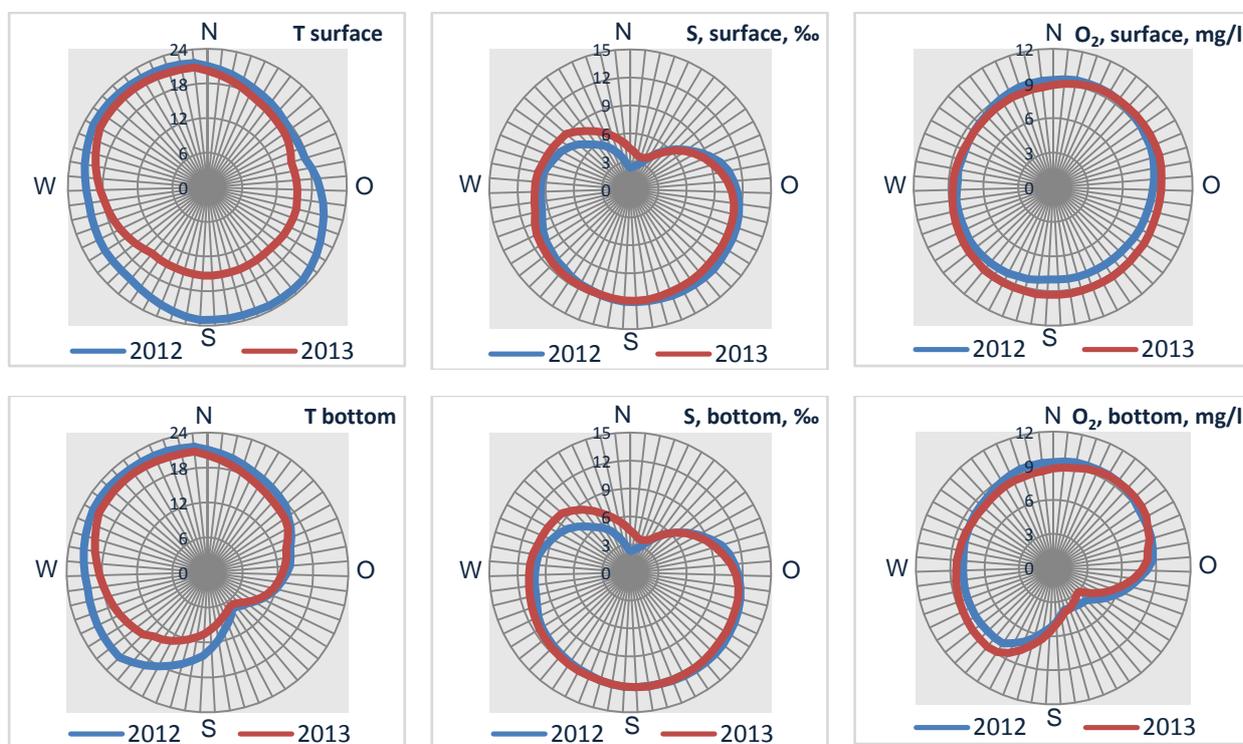
The elaborated technique for estimating of transboundary pollutants transfer using the data of monitoring and modelling shows a good example of extending the application of methods and techniques of real-time meteorology and oceanography to environmental protection. The technique is expected to be applied for the Caspian Sea to develop joint measures aimed at environment protection against pollution within the framework of the Tehran Convention.

### 8. Interannual changes of the state and pollution of the marine environment

To describe interannual changes of the marine environment in 2012-2013, we used the data of observations held in early autumn, as the observation programme for this season was identical in the number and location of stations in these two years. To describe temporal variability another object was used alongside with the merged areas, i.e. the perimeter of the Russian sector of subsoil management. It successively included (counter clockwise) coastal stations located in the Volga coastal area, in the Kizlyar Bay, in the coastal waters of the Terek and the Sulak, in Makhachkala, Kaspiysk, Izberbash, Derbent, Samur and the stations of Southern, Central, Meridional and Eastern cross-sections (see Fig. 1). The data included in this spatial series were smoothed by a moving average. Circular charts were made according to smoothed series. To close the circle, the stations of the Volga coastal water were used in the beginning and in the end of the spatial series. Circular charts for 2012 and 2013 were represented in one image, so interannual changes of the marine environment can be easily traced.

#### *Hydrological-hydrochemical and lithological-chemical conditions*

Field survey in the Middle Caspian in 2013 was held later than that in 2012, so water temperature in this period was lower than in the previous year (Fig. 12). However the temperature of the near-bottom water was not affected, as it is quite stable. Water salinity along the RSMS perimeter did not suffer sufficient changes with the exception of the area most affected by the Volga runoff (coastal stations of the North Caspian). In this sector salinity rose due to meteorological conditions (salinity in estuaries and shallow parts is more dependent on meteorological conditions than in the open deep-water sea part). A slight increase of oxygen content in the surface layer of the Middle Caspian and the near-bottom layer of Dagestan shelf can be explained by the fall of water temperature and increased oxygen solubility in water.



**Fig. 12** Interannual changes of water temperature and salinity, and the content of dissolved oxygen in the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2013

The following changes occurred in granulometric composition: a) the share of shell rose in the sediments of the shelf plain of the Middle Caspian; b) The content of coarse sand increased and the content of fine sand fell in the open part of the North Caspian and in the shelf plain of the Middle Caspian; c) the concentration of aleurite went down in the northern part of Dagestan shelf and in the bottom sediments of the shelf plain of the Middle Caspian and up in the southern part of Dagestan shelf; d) the content of pelite rose in the bottom sediments of the North Caspian (Table 23, Fig. 13). The granulometric composition of the bottom sediments of the Derbent depression almost did not change. It points to the active dynamics of bottom alluvia within the whole RSMS water area with the exception of its deep-water part. We should also note a significant increase in organic matter content in bottom sediments of the Derbent depression, which means that biological productivity of the north-western sea part in 2013 was higher than that in 2012.

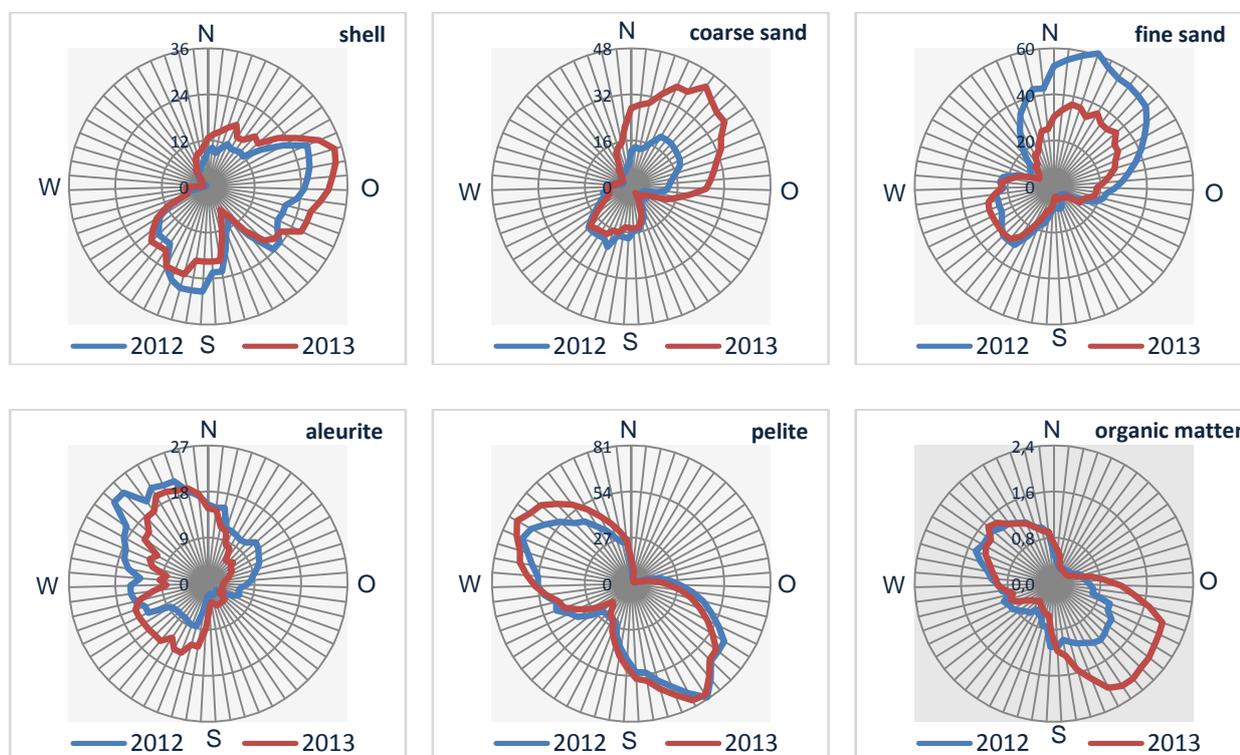
**Table 23**

Interannual changes in granulometric composition of bottom sediments in the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2013

Sea sector, water area	shell		coarse sand		fine sand	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
North Caspian coastal	7.12	9.15	8.59	16.0	42.8	29.0
North Caspian open	23.6	20.2	27.0	32.6	33.7	31.1
Middle Caspian coastal	9.19	9.63	11.3	11.0	18.5	17.7
Middle Caspian open	24.7	22.5	6.27	5.57	8.47	10.8

Sea sector, water area	aleurite		pelite		organic matter	
	2012	2013	2012	2013	2012	2013
North Caspian coastal	17.8	17.1	23.7	28.5	0.96	0.86
North Caspian open	10.0	11.0	5.47	4.90	0.53	0.28
Middle Caspian coastal	9.47	8.62	51.4	52.7	1.01	0.93
Middle Caspian open	3.63	4.32	58.3	56.6	1.44	1.84



**Fig. 13** Interannual changes of granulometric composition (%) and content of organic matter in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2013

### **Marine environmental pollution**

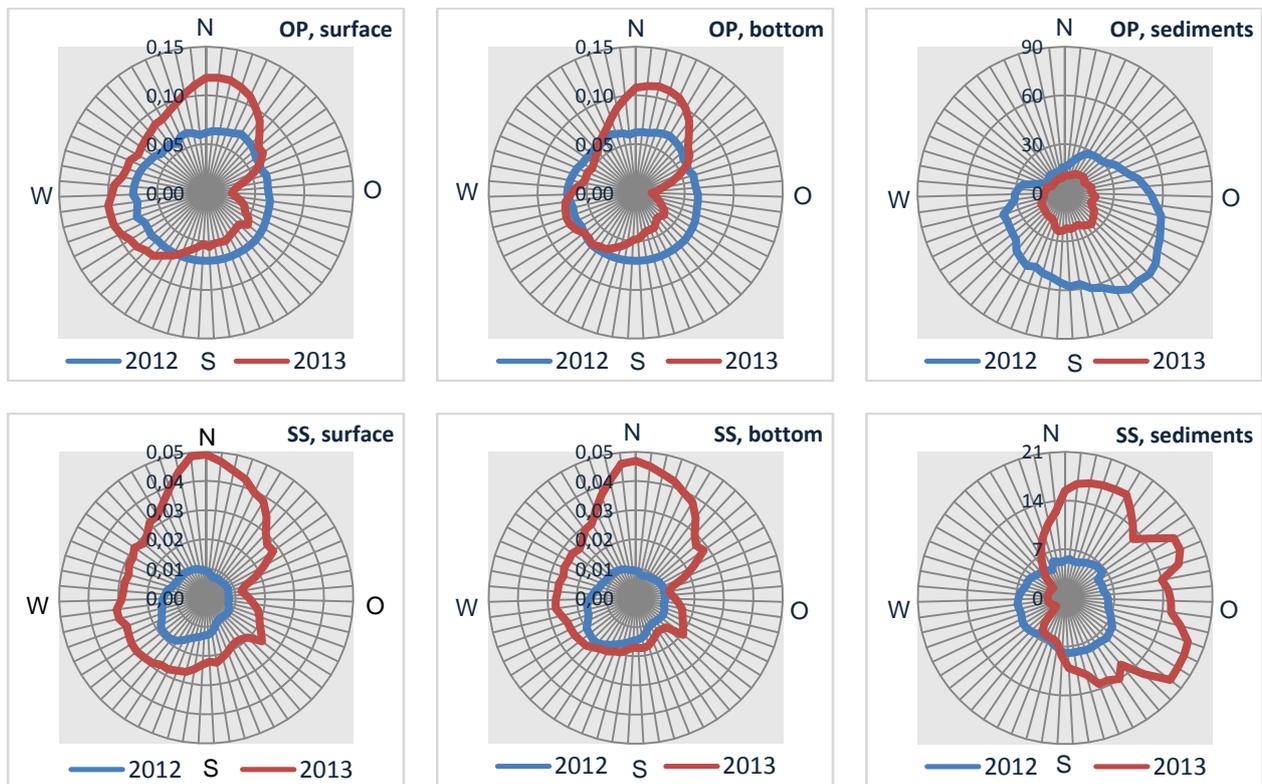
Mean concentration of oil products in the water of the north-western part of the Caspian Sea in early autumn of 2013 did not change as compared to the same period of the previous year (Table 24). At the same time, OP spatial distribution displayed significant changes in the whole water area and at its border (Fig. 14). The concentration of oil products rose in the coastal water and fell in the open sea part, including the marine border of the Russian subsoil use sector. This proves the statement that pollution from on-land sources does not cross RSMS border. The concentrations in water of synthetic surfactants as well as OP, which are non-persistent organic pollutants, sufficiently increased in 2013 as compared to the previous year. This rise occurred mainly in coastal areas, and it was not observed in the open part of the sea, in bottom layer in particular. As compared to the previous year, mean concentrations of OP in bottom sediments fell, while the share of synthetic surfactants went up. These changes were most obvious in the Derbent depression (synthetic surfactants showed the same pattern in the shelf plain of the Middle Caspian). This fact is hard to explain, but we can note its connection with the significant increase of organic matter content in the bottom sediments of the Derbent depression.

Interannual variations of heavy metals concentrations in water and bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea had the following features. Mean concentrations of Fe and Mn in water in early autumn of 2013 did not change much as compared to the same period of the previous year (Table 24). Concentrations of Pb, Cd and Hg rose, whereas those of Zn and Ni fell. Content of heavy metals went down in the bottom sediments. As far as these changes cover vast volumes of water bodies and wide belts of bottom sediments, they can hardly be explained by local processes. The possible reasons of such variability may lie in interphase processes and the active part of suspended matter in geochemical migrations of heavy metals. In particular, it is confirmed by the nature of distribution of heavy metals along the RSMS borderline in early autumn of 2013. In the previous year the graphic representation of this distribution was like a "three-leaved figure", while in 2013 it looked like an "oval" extended along the axis directed from the north-west to the south-east (Fig. 15). It follows that in 2013, the concentration of heavy metals in bottom sediments was higher in the coastal Volga area (sedimentation area) and the Derbent depression (accumulation area), i.e. at the starting and the final points of migration of suspended metals in the north-western part of the Caspian Sea. Only cadmium behaviour does not comply with this pattern; the "oval" of its distribution was extended along the axis, directed from the north-east to the south-west. This exception confirms the pattern, as cadmium is less connected with suspended matter in its migration than other metals.

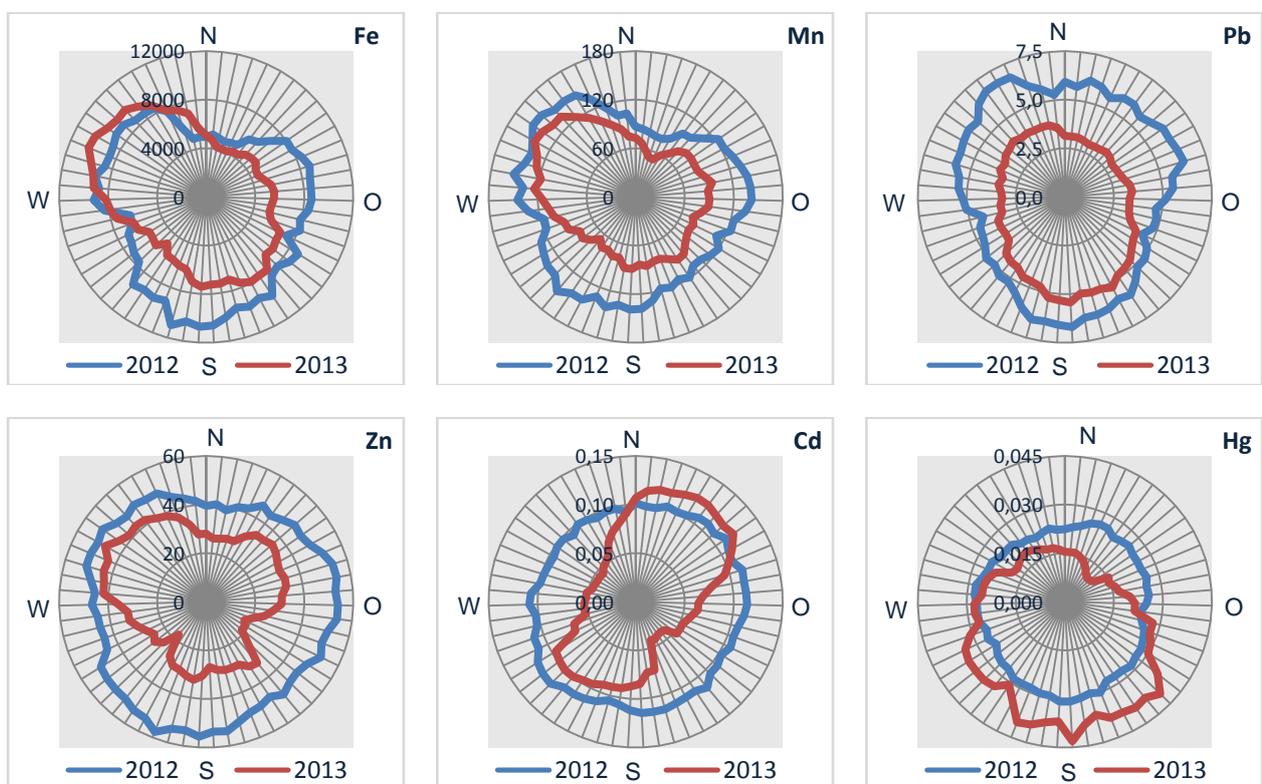
**Table 24**

Mean concentration of pollutants in sea water  
and bottom sediments within the RSMS area in early autumn of 2012 - 2013

Index	2012	2013	2012	2013
	Water		Bottom sediments	
OP (mg/l; mcg/g)	0.07	0.07	34.6	14.3
Synthetic surfactants (mg/l; mcg/g)	0.01	0.03	6.2	11.4
Cu (mcg/l; mcg/g)	7.6	6.7	26.4	14.5
Pb (mcg/l; mcg/g)	4.7	9.6	5.7	3.6
Cd (mcg/l; mcg/g)	0.14	0.25	0.11	0.07
Hg (mcg/l; mcg/g)	0.01	0.02	0.03	0.03
Fe (mg/l; mcg/g)	0.14	0.13	7781	5986
Mn (mcg/l; mcg/g)	4.1	4.0	120	84
Zn (mcg/l; mcg/g)	27.4	16.8	49.3	28.6
Ni (mcg/l; mcg/g)	37.4	23.1	30.0	19.2



**Fig. 14** Interannual changes in the content of oil products (OP) and synthetic surfactants (SS) in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in early autumn of 2012 - 2013



**Fig. 15** Interannual changes in the content of heavy metals in bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in early autumn of 2012 - 2013

Table 25 shows the data on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons and persistent organochlorine compounds (PAH and OCP) in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2013. The data point that the level of pollution of the bottom sediments with these toxicants in early autumn of 2013 almost did not change in comparison to the same period last year. We should also note another fact, that the level of bottom sediments pollution in late autumn of 2013 was higher than in early autumn of 2012 and 2013 (if one judges by the upper range of values). Thus, seasonal fluctuations in concentrations of persistent organic pollutants exceed annual fluctuations. The most probable reason for this is the abovementioned active dynamics of the settled sediments in the north-western part of the Caspian Sea.

The research results show that the pollutants having entered the Caspian Sea are involved in different physical - chemical and biogeochemical processes. According to the range of seasonal and interannual fluctuations of pollutants concentration in different marine environment components, one can say that their mass involved in these processes by many times exceeds the mass of pollutants which enter the sea annually.

**Table 25**

The content of hydrocarbons (PAH) and persistent organic pollutants (PCB and OCP) in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2012-2013

<b>Pollutant</b>	<b>September - October 2012</b>	<b>November - December 2012</b>	<b>September - October 2013</b>
Total PAH, mcg/kg	2.4-242	17.3-699	<0.03-309
Total PCB, mcg/kg	<0.03-6.70	0.35-10.8	<0.03-2.12
Total OCP, mcg/kg	<0.03-1.06	<0.03-4.87	<0.03-2.04
Benzachlor, mcg/kg	<0.03-0.2	<0.03-0.25	<0.03-0.3
Total PCB, mcg/kg	<0.03-1.15	<0.03-4.72	0.11-1.74
Total HCCH, mcg/kg	<0.05	<0.05	<0.05-0.21
Chlordanes, mcg/kg	<0.05	<0.05	<0.05

## Conclusion

The study of the state and pollution of the marine environment of the Caspian Sea north-western part in 2013 is the follow-up of the work started in 2012 in accordance with the “Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012 - 2014” adopted by Department for Managing Environmental Monitoring, Polar and Marine Activities of Roshydromet. Three large-scale field trips were carried out in 2013 (in July, September – October and November – December) to study seasonal variability. The second expedition completely corresponded to one of the last year in number and location of stations and work period; this was done to trace interannual changes.

As well as in the previous year, significant attention was paid to observations of the state and pollution of the marine environment at the marine border of the Russian sector. These observations data jointly with currents field modeling with account of actual weather conditions were used to estimate transboundary transfer of pollutants for the first time in Russian practice. It should also be noted that observations at the stations of the international monitoring programme of the Caspian Sea continued in 2013. The coordinates of the stations located in the coastal Volga water were specified in accordance with the last version of the Programme.

There was nothing unusual in seasonal and interannual changes of hydrological and hydrochemical conditions. Salinity fluctuations were mainly determined by the Volga discharge and the nature of water circulation. When the river discharge decreases and the anticyclonic circulation rises as it usually happens in late summer, the salinity in the north-western sea sector increases and it falls again in autumn when cyclonic circulation increases. The increase of the Volga annual discharge in 2013 (from 230 to 257 cubic km) did not affect water salinity for two reasons. First of all, the rise in water discharge was not big enough to compensate for the 5 previous low-water years. The second reason was the fact that to estimate interannual changes, we used the observations data in the low-water period when salinity distribution mainly depends on water circulation.

The spatial distribution of bottom sediments in granulometric composition and organic matter content is generally hardly affected by seasonal and interannual changes. The special characteristics is the prevailing of stiff sediments (shell and sand) in the open part of the North Caspian, in the shelf plain of the Middle Caspian and in the southern part of Dagestan shelf. Soft bottom sediments (aleurite, pelite) prevail in the coastal areas of the North Caspian and in the northern part of Dagestan shelf. Alongside with this, fine grain sediments in most areas with the exception of the Derbent depression are subject to significant fluctuations, which points to the active dynamics of the settled sediments. The research pointed to a significant increase in organic matter content in bottom sediments of the Derbent depression, which means that biological productivity of the north-western sea part in 2013 was higher than that in 2012.

The oil products (OP) concentration in water in 2013 was decreasing from summer to late autumn; in summer this value amounted to 0.10 mg/l, while in late autumn it made 0.05 mg/l. In early autumn OP concentration within the considered water area varied from 0 to 0.16 mg/l, and mean concentration in merged areas varied from 0.04 to 0.09 mg/l. Mean OP concentration in the north-western part of the Caspian Sea did not change as compared to the same period of the previous year. At the same time, OP spatial distribution displayed significant changes in the whole water area and at its border (Fig. 14). The concentration of oil products rose in the coastal water and fell in the open sea part, including the marine border of the Russian subsoil use sector. This proves the last-year statement that pollution from on-land sources does not cross this border.

The research results in 2013 revealed that all heavy metals fell into two groups by the nature of their distribution. The first group, which is characterized by increased metal content in the coastal waters of the North Caspian and decreased content in the open sea part, comprised Fe, Cu, Cd and Hg. The second group showing lower concentration of metals in the coastal waters of the North Caspian and higher concentrations in the open sea included Mn, Zn, Ni and Pb. Thus we can say that the first-group metals are of riverine origin, while the second group originates in the sea. The research revealed three areas of metals accumulation in bottom sediments: two transit ones (Dagestan shelf and the open part of the North Caspian) and a terminal one (the Derbent depression). Seasonal and interannual changes of heavy metals concentrations have a large fluctuation range; they cover vast volumes of water bodies and wide belts of bottom sediments, so they can hardly be explained by local processes. The possible reasons of such variability may lie in interphase processes and the active part of suspended matter in geochemical migrations of heavy metals. In 2013, as well as in 2012, the concentration of heavy metals in bottom sediments was higher in the coastal Volga area (sedimentation area) and the Derbent depression (accumulation area), i.e. at the starting and the final points of their migration.

In contrast to the previous year, in 2013 we increased the number of sediment samples for the identification of polycyclic aromatic hydrocarbons and persistent organochlorine compounds (PAH and OCC). The observations showed that the level of super-toxicant pollution of the bottom sediments in early autumn of 2013 almost did not change in comparison to the same period last year. We should also note another fact, that the level of bottom sediments pollution in late autumn of 2013 was higher than in early autumn of 2012 and 2013 (if one judges by the upper range of values). So, seasonal fluctuations in concentrations of persistent organic pollutants exceed annual fluctuations. The most probable reason for this is the active dynamics of the settled sediments in the north-western part of the Caspian Sea. The level of pollution with persistent organic pollutants in the water area under consideration as compared to other areas of the Caspian Sea and other seas can be characterized as average.

The results of 2013 study of pollution in the north-western part of the Caspian Sea made it possible to come to another important conclusion: they revealed that pollutant substances (PS) which enter the marine environment are involved in different physical – chemical and biogeochemical processes. According to the range of seasonal and interannual fluctuations of PS concentration in different marine environment components, one can say that their mass involved in these processes by many times exceeds the mass of pollutants which enter the sea annually.

To perform an integrated assessment of marine environmental pollution in the north-western part of the Caspian Sea in 2013 we have used the ensemble (multi-criterial and multi-parametric) approach developed by KaspMNIZ. In accordance with this method, the integrated pollution assessment presents an "ensemble" of three estimates: 1) quality estimate, where MPC serves as a criterion; 2) accumulation estimate with background concentration is a criterion; and 3) load estimate, where

maximum permissible load is a criterion. The water area under consideration can be described as moderately polluted; at times in some areas as polluted or, on the contrary, clean.

The integrated assessment of marine water quality was held using the marine water pollution index (WPI). In 2013 sea water in the north-western part of the Caspian Sea was generally assessed as moderately polluted, in some areas – as polluted or clean. The quality of sea water improved in 2013 as compared to the previous year. These two years were similar in increased MPI value in the coastal area of the North Caspian and in the northern part of Dagestan shelf. This fact proves that the pollution from on-land sources is not transferred beyond the borders of the Russian subsoil use sector.

The research carried out in 2013 is special, as the transboundary transfer of pollutants is estimated on the basis of the monitoring data jointly with currents fields modeling taking into account actual weather conditions. The first trial estimation was made for the area of the Russian subsoil use sector, lying within 44°20' and 46°10' northern latitude. The estimation of transboundary transfer which was described by means of four parameters (total transfer, pollutants outflow and inflow and the resulting transfer) was made for 14 pollutants.

The maximum total transfer was observed in water layer ranging from 0 to 5 metres, and the resulting transfer for most pollutants was positive (inflow exceeded outflow). In water layer ranging from 5 to 15 metres the resulting transfer was negative (outflow exceeded inflow). The developed technique for estimation of transboundary pollutants transfer using modeling and monitoring data can be used for development of joint measures aimed at protection of the marine environment against pollution within the framework of the Teheran Convention.

We plan to continue our research on the state and pollution of the marine environment in the north – western part of the Caspian Sea in accordance with the “Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea” in 2014.

**ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2013 ГОДУ**

Под редакцией С.К. Монахова

Подписано в печать 10.09.2014 Формат 60х90/8. Бумага офсетная.  
Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 10,25. Тираж 100 экз.

Издатель: Сорокин Роман Васильевич  
414040, г. Астрахань, пл. Карла Маркса, 33  
Тел. (8512) 54-63-95, 73-40-40, факс (8512) 54-63-95  
E-mail: a-d-t@mail.ru

Отпечатано в Астраханской цифровой типографии (ИП Сорокин Р.В.)  
414040, г. Астрахань, пл. Карла Маркса, 33  
Тел. (8512) 54-63-95, 73-40-40, факс (8512) 54-63-95  
E-mail: a-d-t@mail.ru