



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 2014 году**

**Под редакцией С.К. Монахова**

**2015 год**

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 CENTRE"

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 2014**

**Edited by S.K.Monakhov**

**2015**

УДК 504.064  
ББК 20.1

## **ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2014 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 2014 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 2014**

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 2014. 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 within and outside the Caspian Sea region.

ISBN 978-5-91910-384-4

© Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2015  
© Составление и оформление: Каспийский морской научно-исследовательский центр, 2015

## Содержание

	Стр.
Введение	7
1 Организация и проведение работ	7
2 Гидролого-гидрохимические условия	13
3 Литолого-химические условия	19
4 Загрязненность морских вод и донных отложений	24
5 Стойкие органические загрязнители	37
6 Комплексная оценка загрязнения и качества морской среды	39
7 Оценка водообмена и трансграничного переноса загрязняющих веществ	44
8 Межгодовые изменения состояния и загрязнения морской среды	48
Заключение	53

## Исполнители

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

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

*«Дагестанский ЦГМС» - филиал:*

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

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

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

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

А.А. Постнов, А.Н. Коршенко, Н.И. Косевич, И.С. Матвеева

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

Д.П. Самсонов, Е.М. Пасынкова, Г.М. Хомушку, В.Ф. Георгиевский, А.И. Кочетков, О.Н. Шадаева, А.С. Гусаров, Н.И. Колесникова, Н.В. Степанова, Т.И. Хромова, А.В. Журавлева, А.Г. Пантюхина, И.Н. Заульская, А.А. Данилова, С.М. Денисова, В.И. Ганжа

*Общество с ограниченной ответственностью «Инфомар»:*

С.К. Попов, А.Л. Лобов, В.В. Елисов, В.И. Батов

## Table of contents

	Page
Introduction	55
1 Management and implementation of activities	55
2 Hydrological and hydrochemical conditions	61
3 Lithological and chemical conditions	67
4 Pollution of sea water and bottom sediments	72
5 Persistent organic pollutants	85
6 Integrated assessment of marine environmental pollution and quality	87
7 Assessment of water exchange and transboundary transport of pollutants	92
8 Interannual changes of the state and pollution of the marine environment	96
Conclusion	100

## Executors

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

*"Astrakhan Hydrometeorological Centre" - branch:*

I.Marinkevich, F.Ilzova, E.Konotopova, E.Barannikova, T.Kalyuzhnaya, H.Utebalieva, O.Torbanovskaya

*"Dagestan Hydrometeorological Centre" - branch:*

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

*FSBI "Caspian marine scientific research centre"*

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

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

A.Postnov, A.Korshenko, N. Kosevich, I.Matveeva

*"Science and production association "Typhoon"*

D.Samsonov, E.Pasynkova, G.Khomushku, V.Georgievsky, A.Kochetkov, O.Shadaeva, A.Gusarov, N.Kolesnikova, N.Stepanova, T.Khromova, A.Zhuravleva, A.Pantyukhina, I.Zaulskaya, A.Danilova, S.Denisova, V.Ganzha

*Limited Liability Society "Infomar":*

S.Popov, I.Lobov, V.Elisov, V.Batov

## **Введение**

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2014 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 2014 году, в отличие от двух предыдущих лет, наблюдения на сети станций, предусмотренной «Программой мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» выполнялись однократно и были сильно растянуты во времени (с августа по декабрь). Вместе с тем, как и прежде, был выполнен большой объем лабораторных исследований. Как и в прошлом году, научно-техническое обеспечение мониторинга осуществлялось ФГБУ «КаспМНИЦ» на основе контракта, заключенного с ФГБУ «СК УГМС».

В настоящем обзоре в обобщенном виде представлены основные результаты исследований, выполненных в 2014 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 2014 году в рамках научно-технического обеспечения мониторинга трансграничных водных объектов. Завершается обзор подведением основных итогов выполненных работ.

### **1. Организация и проведение работ**

В 2014 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 106 морских пунктах (океанографических станциях) (рис. 1 и табл. 1). Экспедиционный сезон 2014 года начался в конце августа, а окончился в конце декабря и включал в себя 3 этапа исследований.

Первый этап, в течение которого работы проводились в открытой части Северного Каспия, охватывал период с 22августа по 9сентября. Во время второго этапа, в период с 10октября по 26октябряработы проводись в прибрежной части Северного и Среднего Каспия. На третьем этапе, начавшемся 11декабрия закончившемся 23 декабря, работы проводились в прибрежной и открытой части Среднего Каспия.

С учетом физико-географических особенностей и для удобства распределения работ между Астраханским и Дагестанским ЦГМС, акватория РСНП для целей мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря была разбита на 2 зоны ответственности: 1) Астраханский ЦГМС проводил мониторинг на устьевом взморье Волги и в открытой части Северного Каспия; 2) Дагестанский ЦГМС проводил мониторинг на устьевом взморье рр. Терека и Сулака (включая Кизлярский залив), в прибрежной зоне и открытой части Среднего Каспия.

Экспедиционные работы во всех районах и на всех станциях (за исключением 9 станций на взморье Волги) выполнены на научно-исследовательском судне «Тантал», принадлежащем Росгидромету и оборудованном всем необходимым для проведения экспедиционных работ на акватории Каспийского моря (спутниковой навигационной системой, метеорологической станцией, гидрологической лебедкой, приборами для отбора проб и проведения химических анализов 1-го дня).

Все судовые метеорологические, гидрологические и гидрохимические наблюдения, а также отбор проб воды и донных отложений проводились в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (РД, ГОСТ, ГОСТР), 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 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 (АУВ, ПАУ, ХОП, ПХБ, 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. Анализ проб 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.

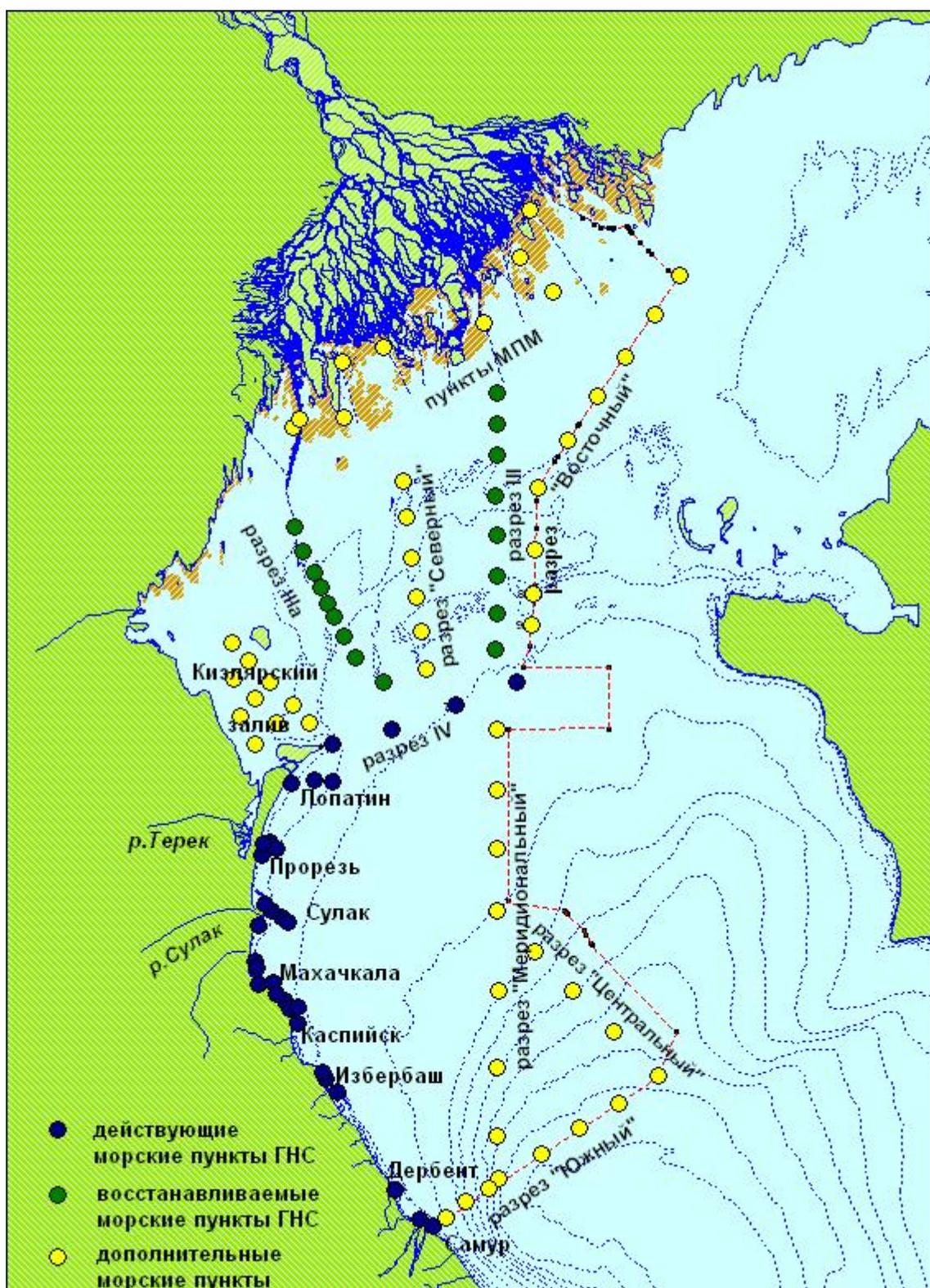


Рис. 1 Схема расположения пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2014 году

Таблица 1

Перечень районов и пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2014 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 IIIа 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'

Наименование и/ или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
<b>13. Дербент</b>		
27	48° 19' 40"	42° 03' 05"
28 (ст. 14мп)	48° 19'	42° 03' 09"
<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	1-5
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	25-675

## 2. Гидролого-гидрохимические условия

### Температура воды

Пространственные изменения температуры воды в экспедиционный сезон 2014 года в виду его большой продолжительности характеризовались широким диапазоном значений. Температура поверхностного слоя воды изменялась в пределах от 8 до 27°C, а придонного – с 6 до 24°C (табл. 3).

В открытой части Северного Каспия, где наблюдения проводились в августе-сентябре при жаркой и сухой погоде, температура поверхностного слоя воды достигала 29°C, а придонного слоя – 28°C. Быстрому выхолаживанию вод в октябре способствовал холодный западно-сибирский антициклон, во время проникновения которого на Северный Каспий в прибрежных районах суши наблюдались ночные заморозки. Под воздействием процессов выхолаживания температура воды в прибрежных районах моря составила 11-14°C на поверхности и 11-15°C в придонном слое.

Экспедиционные работы в открытой части Среднего Каспия проводились в декабре, в относительно теплую для данного времени года погоду. Температура воды составила 8°C на поверхности и 6°C в придонном слое. Из-за большой продолжительности работ на пространственное распределение температуры воды, представленное на рис. 2, заметно повлияли ее временные изменения.

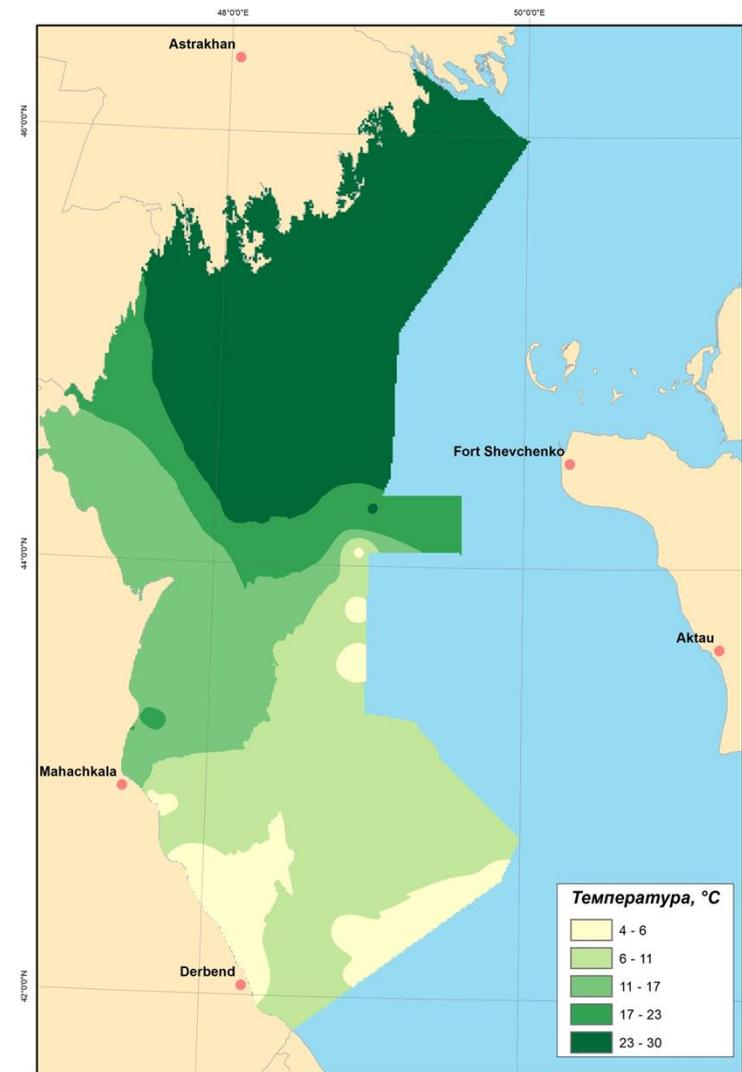
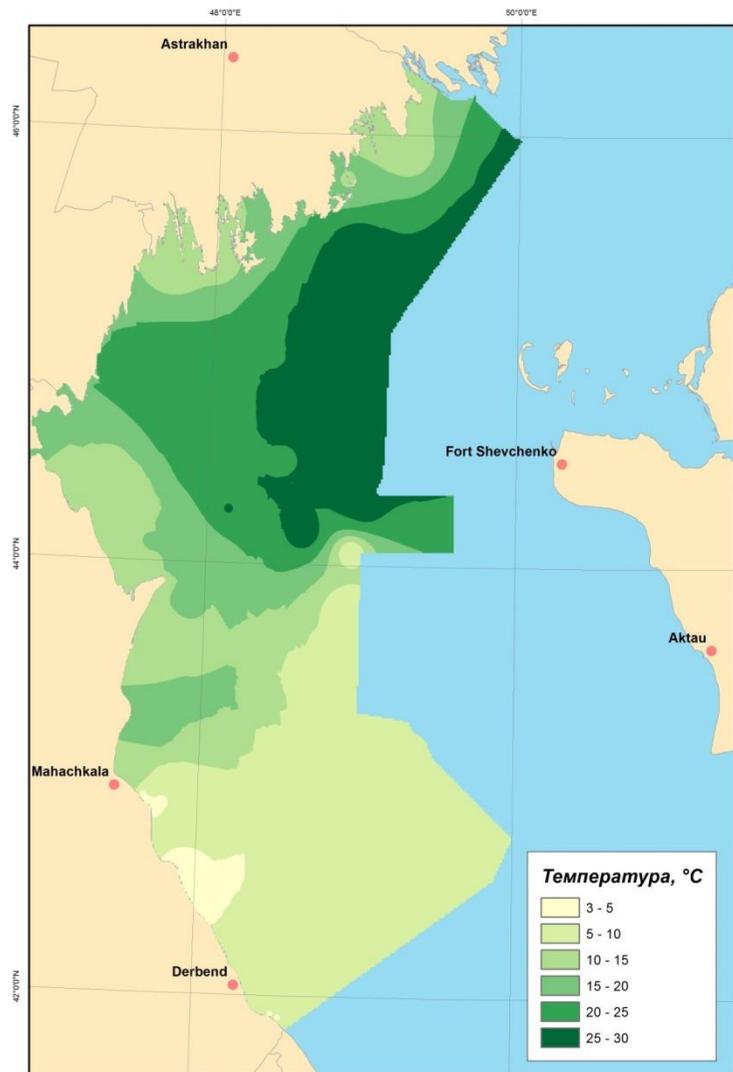
### Соленость воды

Характер пространственного распределения солености воды в северо-западной части моря достаточно однообразен и устойчив, – соленость возрастает в направлении с севера на юг и от берега в море. Это обусловлено тем, что большая часть поверхностного стока в море приходится на российское побережье, а речные воды, постепенно смешиваясь с морскими, дрейфуют вдоль берега в южном направлении. Картина пространственного распределения солености, зафиксированная в экспедиционный сезон 2014 г. (рис. 3), не явилась исключением. Соленость поверхностного слоя воды в РСНП изменялась от 0,34 до 12,9‰, а придонного – от 2,57 до 13,10 (табл. 3). Следует отметить широкий размах пространственной изменчивости солености на акватории РСНП в 2014 г., перекрывший практически весь диапазон изменений солености в Каспийском море.

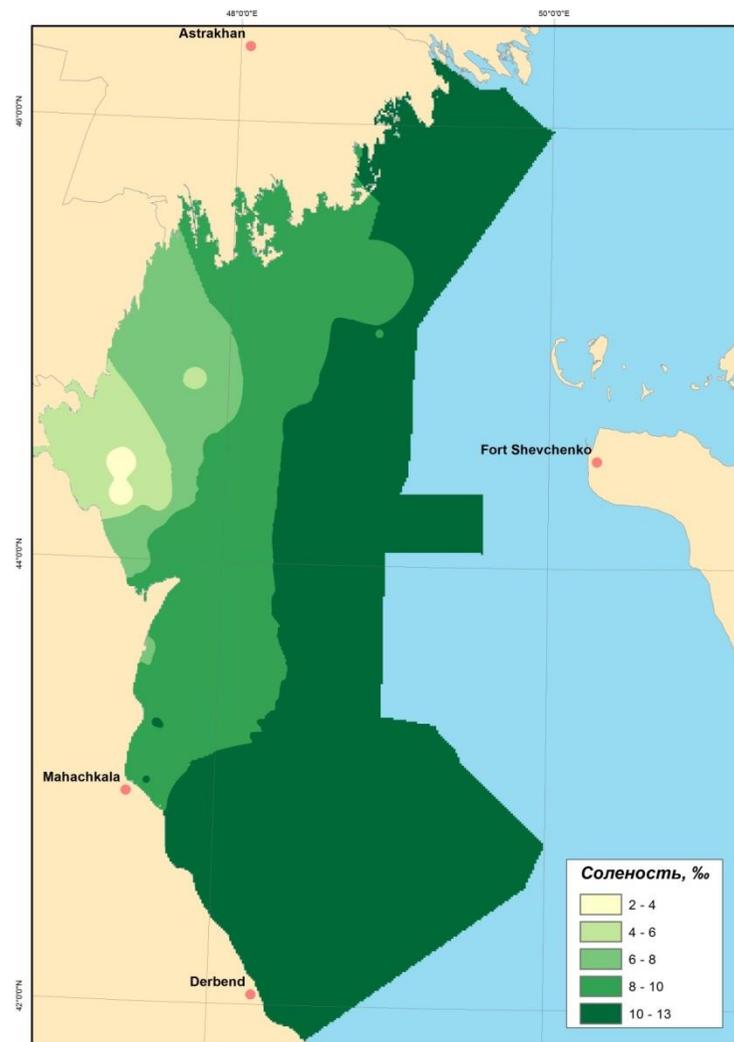
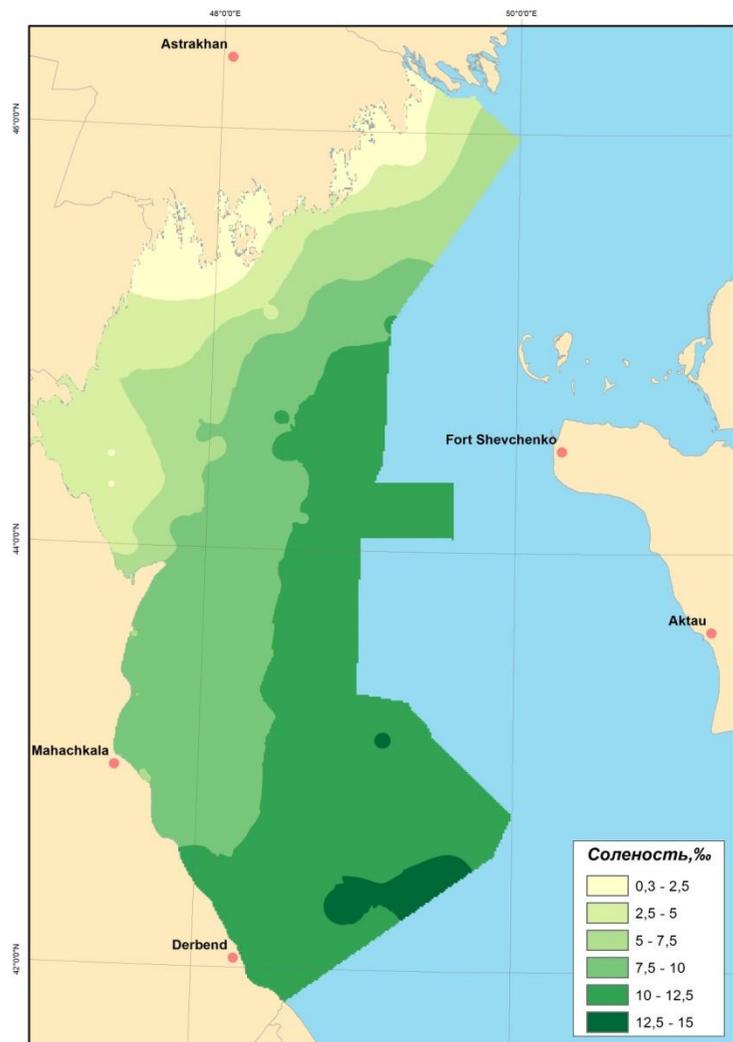
Таблица 3

Температура и соленость воды в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году

Районы		Температура воды, °С			Соленость воды, ‰		
Часть моря	Акватория	ср	Макс	Мин	ср	макс	мин
Поверхностный слой							
Северный Каспий	Прибрежная	13,5	15,5	9,70	3,02	8,31	0,34
	Открытая	26,5	29,1	24,2	8,90	10,5	7,04
Средний Каспий	Прибрежная	10,8	17,8	3,80	8,46	11,5	3,66
	открытая	7,98	9,40	5,00	12,2	12,9	11,4
Придонный слой							
Северный Каспий	Прибрежная	14,5	16,5	12,9	6,72	9,91	2,57
	Открытая	25,3	28,6	22,0	9,72	12,8	7,25
Средний Каспий	Прибрежная	11,1	17,8	4,00	10,0	12,0	5,39
	Открытая	6,13	9,10	4,40	12,5	13,1	11,2



**Рис. 2** Пространственное распределение температуры воды (слева в поверхностном слое, справа – в придонном слое) в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, град С



**Рис. 3** Пространственное распределение солености воды (слева в поверхностном слое, справа – в придонном слое) в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, ‰

### Растворенный кислород

В 2014 году кислородные условия в северо-западной части моря были достаточно благоприятными для морских обитателей (табл. 4). На горизонтальное распределение растворенного кислорода оказывали влияние температура воды и продукционно-деструкционные процессы, на вертикальное – стратификация вод; в результате картина пространственного распределения оказалась пестрой (рис. 4).

В продуктивных районах образования зон гипоксии не зафиксировано; кислородный дефицит наблюдался в придонных водах открытой части Среднего Каспия, при этом на глубине более 600 метров кислород отсутствовал (этот факт требует подтверждения).

Наибольших значений концентрация кислорода в воде достигла в прибрежной части Среднего Каспия, исследования в которой проводились поздней осенью (вследствие повышения растворимости кислорода и усиления ветрового перемешивания). В открытой части Северного Каспия на фоне повышенной температуры воды концентрация кислорода была относительно низкой вследствие уменьшения его растворимости в воде и потребления микроорганизмами в процессах деструкции органического вещества.

### pH

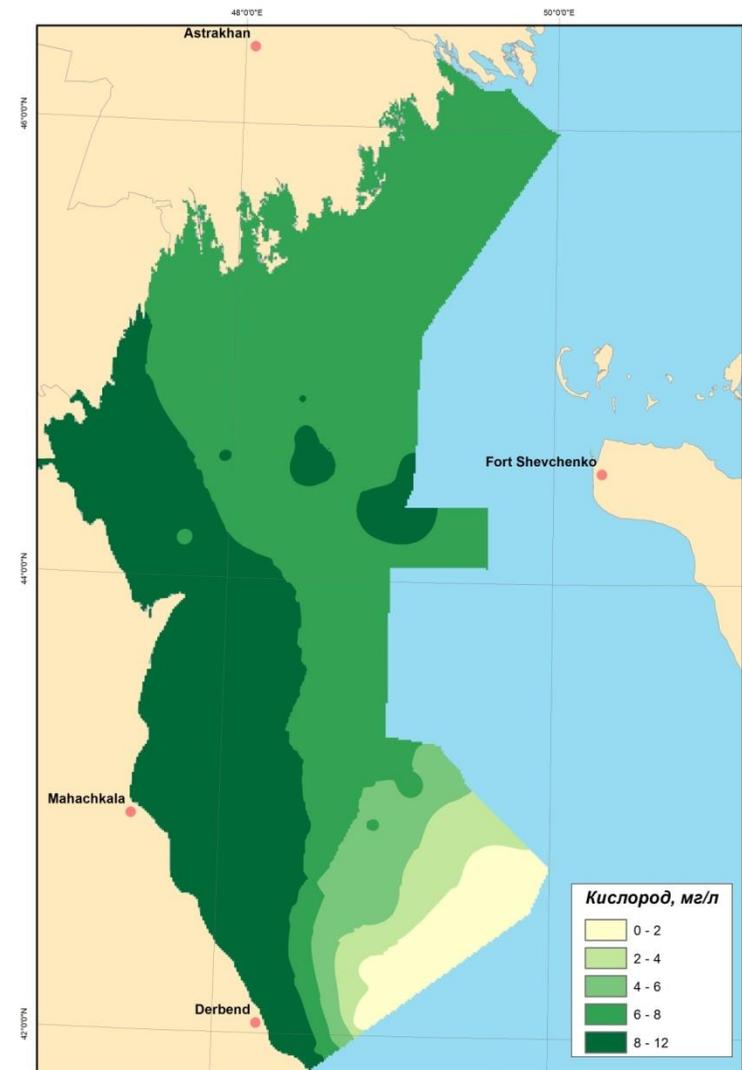
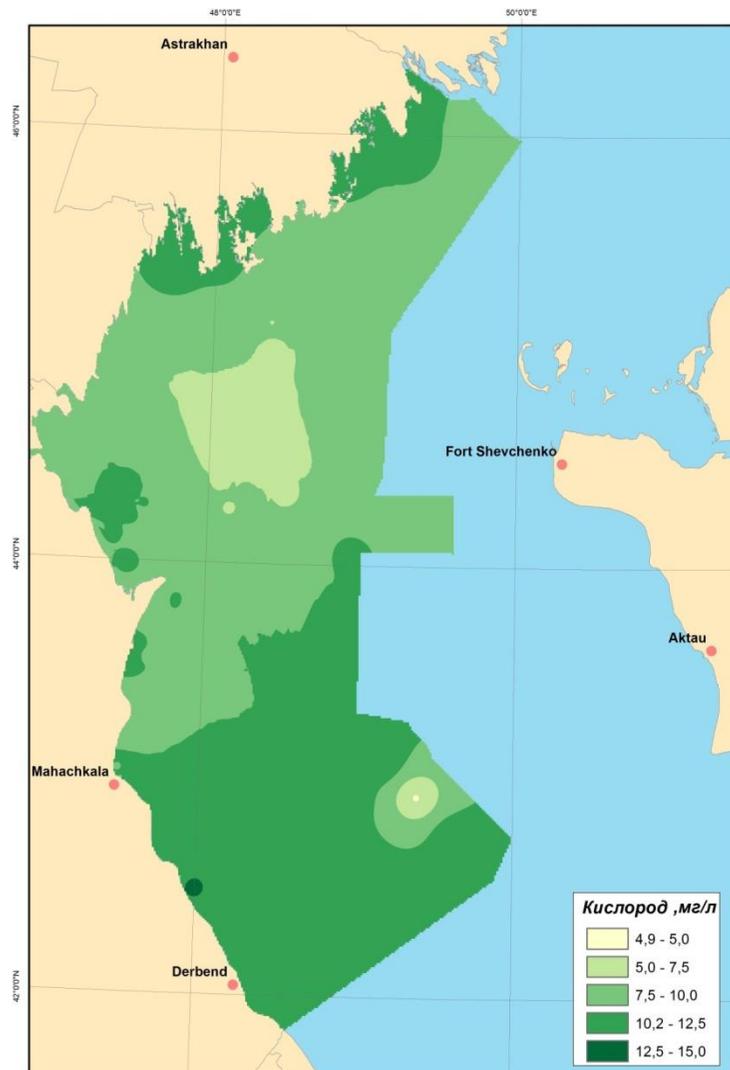
На водородный показатель морской воды влияет содержание растворенных газов и органических соединений, его значение во многом определяется состоянием карбонатной системы. В поверхностном слое воды РСНП в 2014 г. pH морской воды находился в пределах от 7,64 до 8,41 ед., в придонном слое – в пределах от 8,20 до 8,41 ед. (табл. 4).

Наибольшее значение pH в морской воде было отмечено в открытой части Северного Каспия (это касается как поверхностного, так и придонного слоя воды). Наименьшие значения pH, как этого следовало ожидать, наблюдались на мелководье взморья Волги при низкой солености воды (pH речной воды, ниже, чем морской) и в придонном слое глубоководной котловины Среднего Каспия (повышение концентрации диоксида углерода в воде).

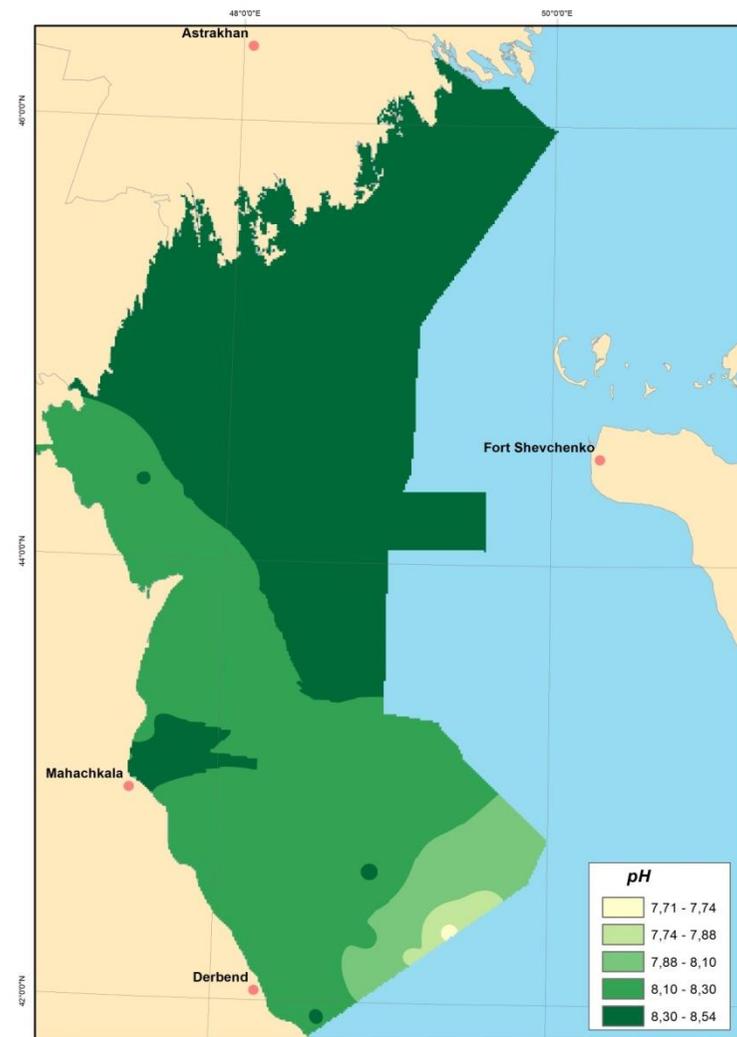
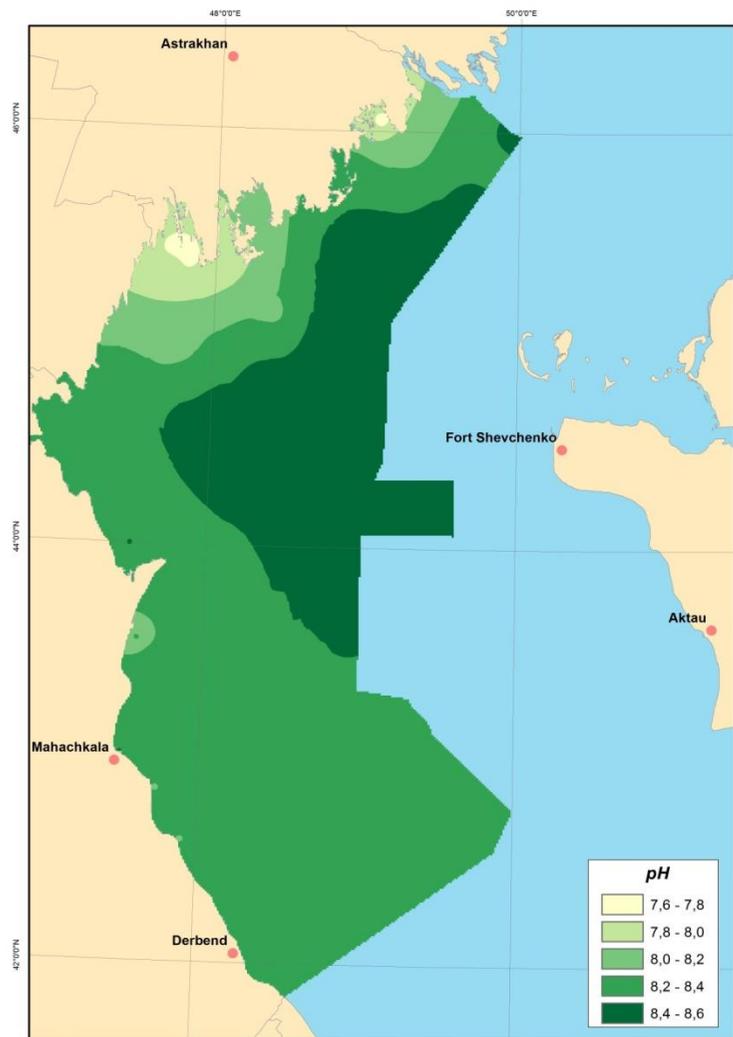
**Таблица 4**

Растворенный кислород и pH в водах северо-западной части Каспийского моря в 2014 году

Районы		Растворенный кислород, мг/л			pH, ед.		
Часть моря	Акватория	ср	макс	мин	ср	Макс	мин
Поверхностный слой							
Северный Каспий	прибрежная	10,3	11,4	9,12	8,16	8,38	7,64
	открытая	7,63	8,04	7,24	8,44	8,56	8,03
Средний Каспий	прибрежная	10,5	13,0	8,82	8,26	8,39	8,15
	открытая	10,7	11,50	4,90	8,28	8,41	8,22
Придонный слой							
Северный Каспий	прибрежная	9,34	10,1	7,41	8,25	8,32	8,20
	открытая	7,59	8,47	6,52	8,45	8,54	8,31
Средний Каспий	прибрежная	10,2	11,9	8,59	8,27	8,40	8,15
	открытая	3,79	7,86	0,00	8,14	8,41	7,71



**Рис. 4** Пространственное распределение растворенного кислорода в воде (слева в поверхностном слое, справа – в придонном слое) в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, мг/л



**Рис. 5** Пространственное распределение pH воды (слева в поверхностном слое, справа – в придонном слое) в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, ед.рН

### 3. Литолого-химические условия

#### *Гранулометрический состав*

В *прибрежных районах Северного Каспия* (взморье Волги и Кизлярский залив) основную массу донных осадков составляли алеврит и пелит (по 34%); на мелкий песок приходилось 21%, крупные фракции составляли в сумме не более 11% в сумме (ракуша 4,7, крупный песок 6,1%) (табл. 5). Основные зоны аккумуляции пелитовой фракции находились в Кизлярском заливе, а также в северной части Волжской бороздины. Повышенное содержание алеврита наблюдалось в центральной части мелководной зоны взморья Волги. Мелкий песок в основном накапливался в восточной части устьевого взморья Волги.

В *открытой части Северного Каспия* донные отложения были сложены крупнозернистыми фракциями – ракушей (23%), крупным и мелким песком (26% и 25%). Мелкозернистые фракции – алеврит и пелит – были представлены в относительно небольшом количестве (20% и 5%) (табл. 5). Аккумуляция крупнозернистых фракций в основном происходила в районе Мангышлакского порога, разделяющего Северный и Средний Каспий. Фракции мелкого песка и алеврита тяготели к северо-восточному и юго-западному районам.

В *прибрежной акватории Среднего Каспия* доминирующей фракцией донных отложений был пелит, содержание которого составляло более половины (54%), остальные фракции были равномерно распределены и составляли от 9 до 14% (табл. 5). Иловая фракция доминировала в северной части дагестанского шельфа, где её содержание доходило до 95% (рис. 8). Фракция алеврита концентрировалась в районе Махачкалы. Распределение мелкого песка в донных отложениях было однородным. Крупные фракции аккумулировались на участке побережья от Каспия до Дербента (рис. 6).

В открытой части Среднего Каспия доминирующей фракцией донных отложений был пелит, содержание которого в среднем составило 51%, почти треть донных отложений составляла ракуша (28%), содержание остальных фракций, по отдельности, не превышало 10% (табл. 5). Иловая фракция доминировала в южной части сектора, где содержание на отдельных станциях доходило до 98%. Распределение фракций алеврита и мелкого песка характеризовалось однородностью (рис. 7). Крупные фракции аккумулировались в северо-восточном и юго-восточном районах, где их содержание могло достигать до 85%.

Общая картина распределения различных гранулометрических фракций в донных отложениях РСНП год от года практически не меняется. Ракуша доминирует в открытой части моря, за исключением глубоководной котловины Среднего Каспия, и в южной части Дагестанского шельфа (рис.6). Крупный песок аккумулируется в зоне водообмена между восточной и западной частями Северного Каспия и также в южной части Дагестанского шельфа (рис.6). Донные отложения, сложенные мелким песком и алевритом, тяготеют к мелководным районам западной части Северного Каспия (рис. 7). В пределах рассматриваемой акватории четко выделяются три района, в которых идет накопление пелитовой фракции: Волжская бороздина, северная часть Дагестанского шельфа и глубоководная котловина Среднего Каспия (рис. 8).

Между тем для рассматриваемой акватории характерна активная динамика донных наносов, она проявляется во временных колебаниях содержания той или иной фракции в донных отложениях районов. Так осенью 2014 года необычно высокой оказалась концентрация пелита в донных отложениях Терско-Сулакского взморья (даже выше, чем в донных отложениях Дербентской котловины).

#### *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 в Дербентской котловине, в Северном Каспии – в Волжской бороздине (рис. 8).

Таблица 5

Содержание различных гранулометрических фракций и органического вещества в донных осадках в северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, %

Часть моря	районы		концентрация		
	Акватория		ср	макс	мин
Ракуша (размер частиц более 1,6 мм)					
Северный Каспий	прибрежная		4,69	19,0	0,00
	открытая		23,2	74,3	0,00
Средний Каспий	прибрежная		14,0	79,6	0,00
	открытая		27,7	85,3	0,00
Крупный песок (1,6-0,4 мм)					
Северный Каспий	прибрежная		6,13	19,4	0,43
	открытая		26,3	74,4	1,11
Средний Каспий	прибрежная		12,8	55,5	0,10
	открытая		7,94	33,6	1,08
Мелкий песок (0,4-0,1 мм)					
Северный Каспий	прибрежная		21,0	61,2	2,08
	открытая		25,1	76,2	1,22
Средний Каспий	прибрежная		6,19	36,9	0,16
	открытая		4,49	27,6	0,63
Алеврит (0,1-0,063 мм)					
Северный Каспий	прибрежная		34,2	79,0	8,10
	открытая		20,0	52,2	0,29
Средний Каспий	прибрежная		13,1	89,0	0,04
	открытая		8,67	61,7	0,24
Пелит (менее 0,063 мм)					
Северный Каспий	прибрежная		34,0	87,9	1,26
	открытая		5,45	72,9	0,00
Средний Каспий	прибрежная		53,9	98,8	0,05
	открытая		51,2	94,4	0,10
Органическое вещество					
Северный Каспий	прибрежная		0,96	2,00	0,15
	открытая		0,49	4,15	0,08
Средний Каспий	прибрежная		1,05	2,75	0,03
	открытая		0,70	2,27	0,06

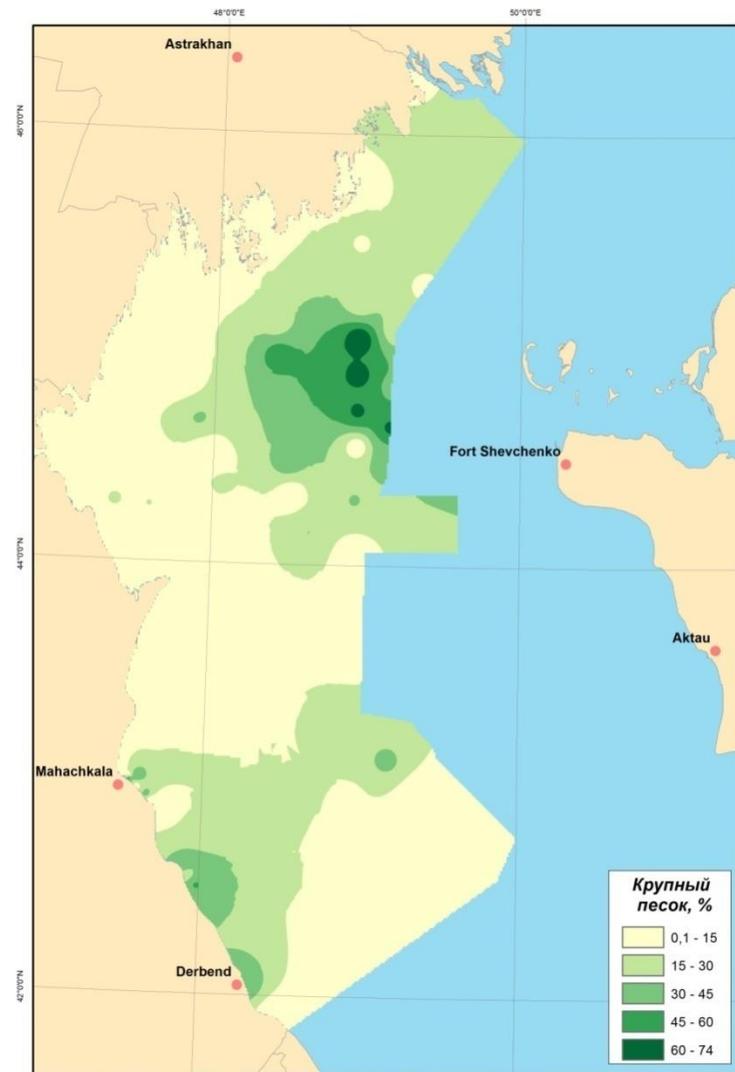
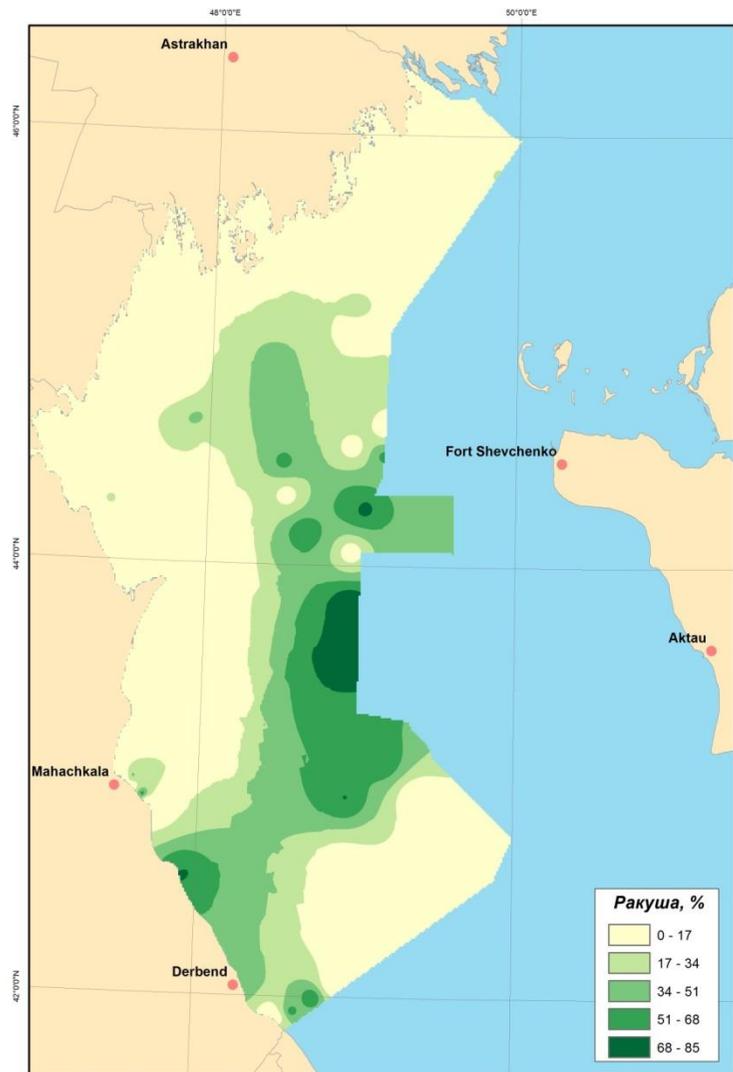


Рис. 6 Пространственное распределение ракуши и крупного песка в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, %

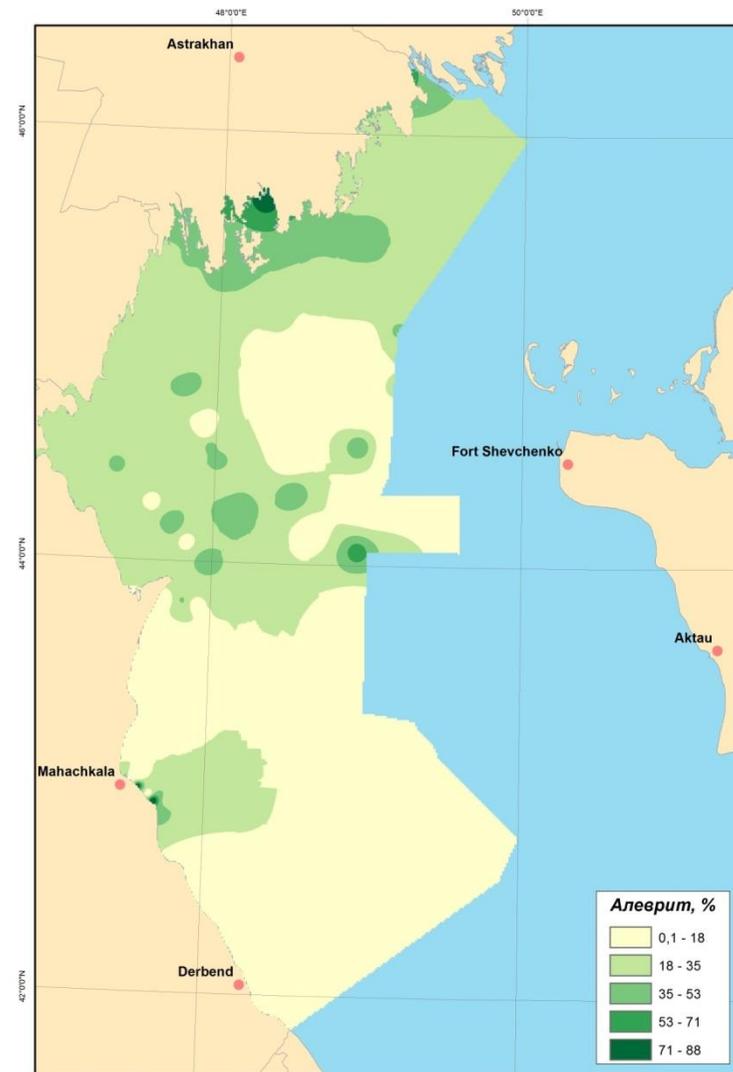
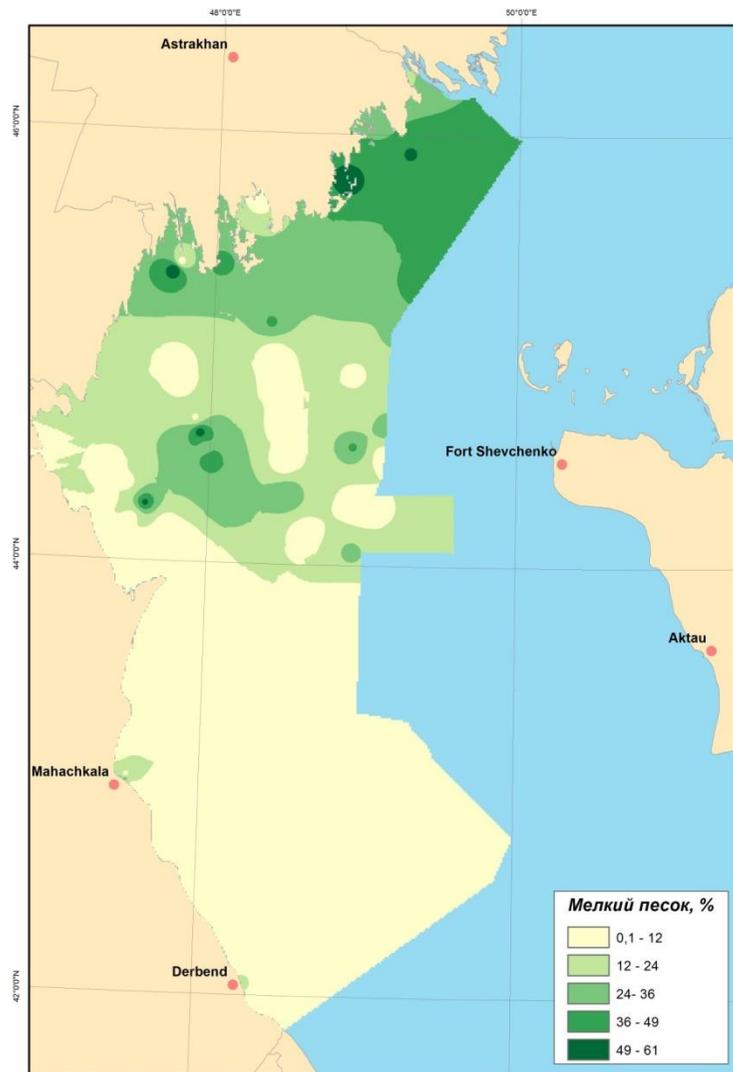


Рис. 7 Пространственное распределение мелкого песка и алеврита в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, %

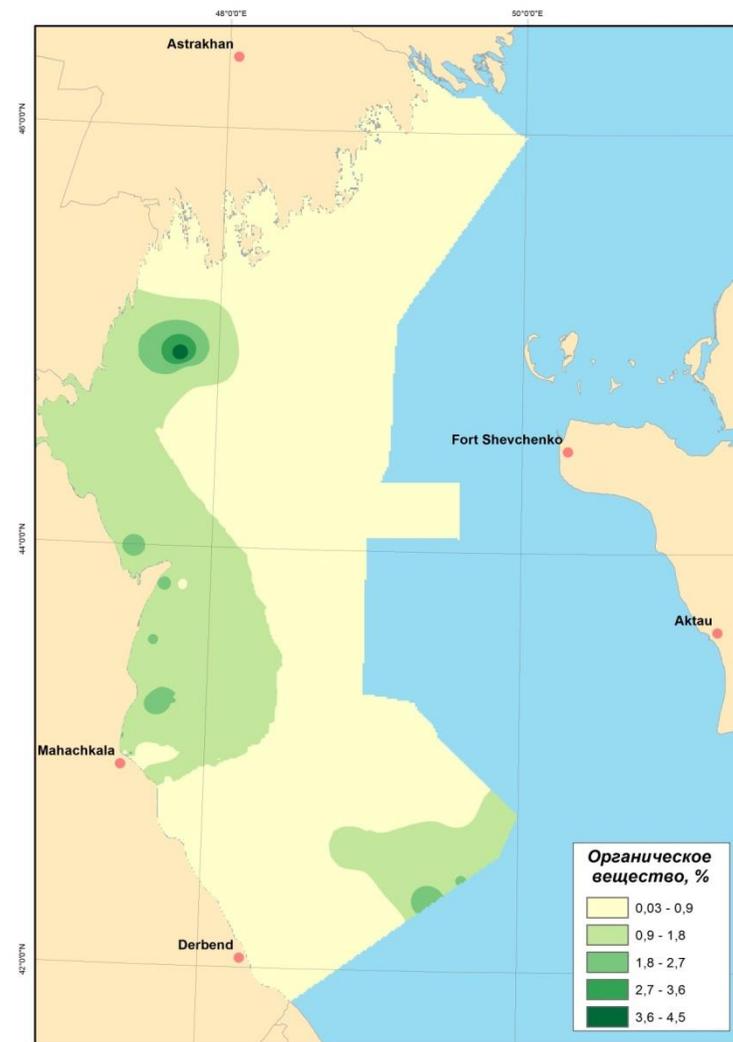
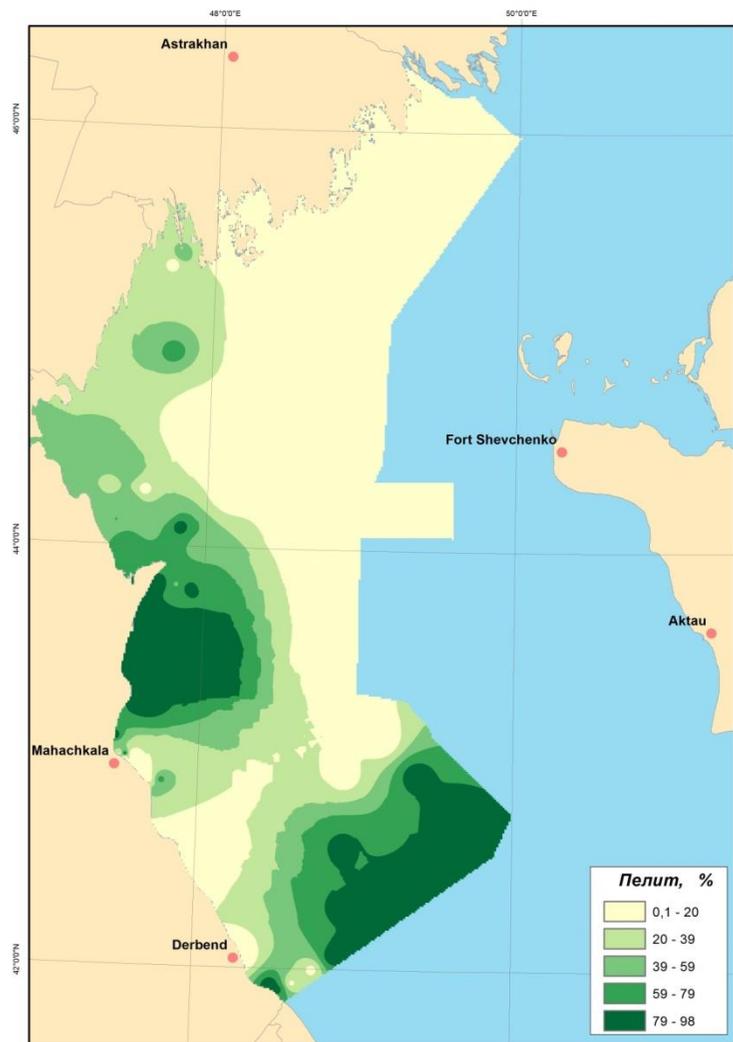


Рис. 8 Пространственное распределение пелита и органического вещества в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2014 году, %

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

##### Нефтепродукты

В экспедиционный сезон 2014 года концентрация нефтепродуктов (НП) в районах моря, охваченных наблюдениями, колебалась от 0 до 0,19 мг/л (табл. 6). При этом средняя концентрация нефтепродуктов в водах Северного Каспия, равная 0,06 мг/л (или 1,2 ПДК) была заметно выше таковой в водах Среднего Каспия (0,02 мг/л или 0,4ПДК).

Пространственное распределение характеризовалось наличием двух зон повышенной концентрации нефтепродуктов в воде: а) мелководная зона устьевого взморья Волги; б) средняя и восточная часть Мангышлакского порога (рис. 9). Две эти зоны вполне определенно указывают на два источника поступления нефтепродуктов в РСНП: волжский сток и адвекцию загрязненных вод из Среднего Каспия. Судя по карте пространственного распределения НП, во время проведения экспедиционных работ в 2014 г. второй источник был мощнее, чем первый.

Концентрация нефтепродуктов в донных отложениях Северного Каспия, наоборот, была ниже, чем в донных отложениях Среднего Каспия. Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях северо-западной части моря в 2014 г.(рис. 9) подтверждает закономерность, обнаруженную в ходе мониторинга трансграничных водных объектов в 2012-2013 гг. – повышение концентрации НП происходит в районах, аккумулирующих илистые наносы, органическое вещество и вместе с ними нефтепродукты (северная часть Дагестанского шельфа, Дербентская котловина).

##### СПАВ

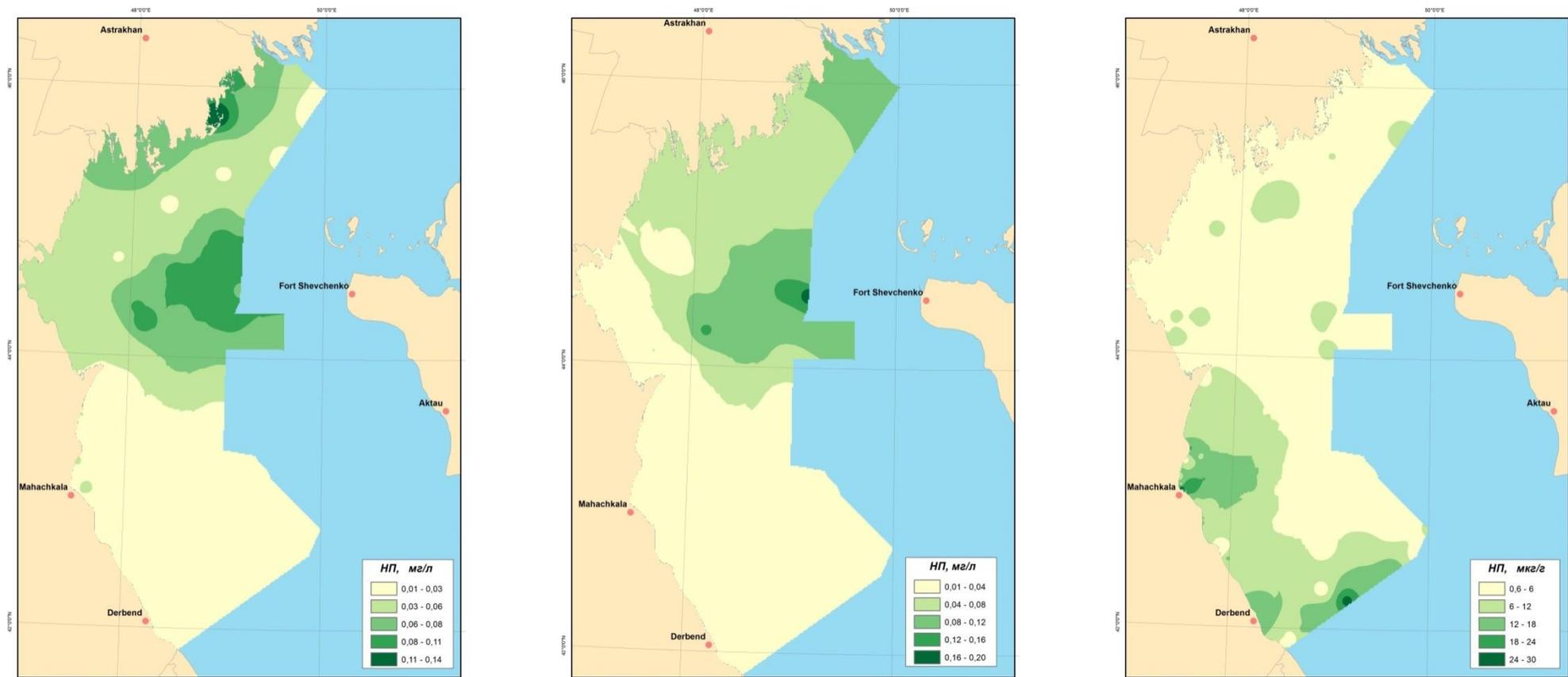
В 2014 г. средняя концентрация СПАВ в морской воде в укрупненных районах северо-западной части моря, охваченных наблюдениями, составила 0,03-0,06 мг/л; Наибольшие значения концентрации наблюдались в прибрежной части Среднего Каспия (табл. 6). В остальных районах повышенная концентрация СПАВ наблюдалась на отдельных станциях (рис. 10)

Концентрация СПАВ в донных отложениях составила 3,60-4,69 мкг/г. Наибольшие значения концентрации были зарегистрированы в открытой части Среднего Каспия и была приурочены к донным отложениям в которых доминировали крупные фракции.

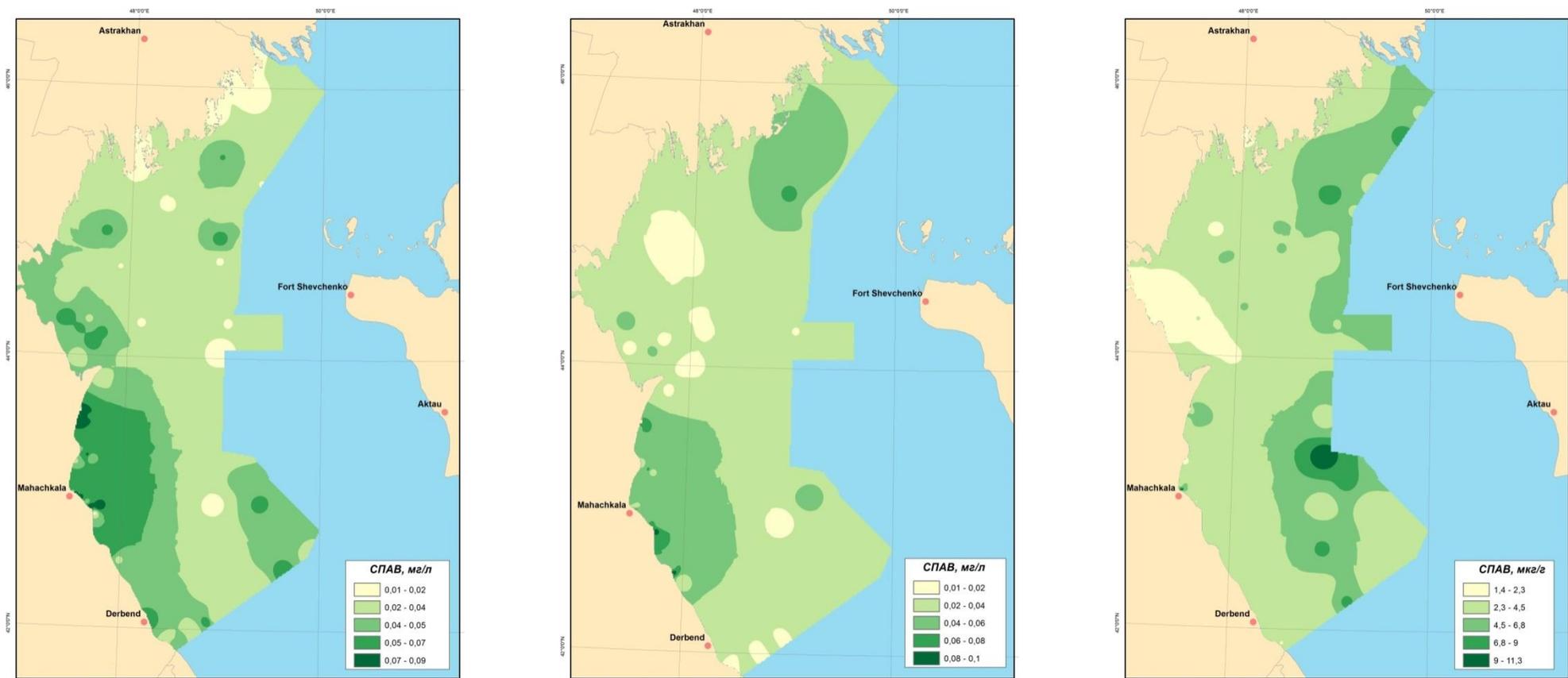
Таблица 6

Концентрация нефтепродуктов и СПАВ в воде и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2014 года, мг/л

районы		Нефтепродукты			СПАВ		
Часть моря	Акватория	ср	макс	мин	ср	макс	мин
Поверхностный слой, мг/л							
Северный Каспий	прибрежная	0,06	0,14	0,03	0,03	0,07	0,01
	открытая	0,06	0,11	0,00	0,03	0,07	0,01
Средний Каспий	прибрежная	0,02	0,09	0,01	0,06	0,09	0,01
	открытая	0,02	0,06	0,01	0,03	0,07	0,01
Придонный слой, мг/л							
Северный Каспий	прибрежная	0,04	0,04	0,03	0,03	0,05	0,01
	открытая	0,08	0,19	0,02	0,03	0,07	0,01
Средний Каспий	прибрежная	0,02	0,03	0,01	0,05	0,09	0,01
	открытая	0,01	0,05	0,01	0,03	0,05	0,01
Донные отложения, мкг/г							
Северный Каспий	прибрежная	4,65	7,92	0,57	2,52	4,26	1,43
	открытая	4,82	10,4	1,80	4,53	8,71	1,55
Средний Каспий	прибрежная	12,4	56,6	1,38	3,60	11,8	1,66
	открытая	7,99	26,0	2,21	4,69	11,3	2,94



**Рис. 9** Пространственное распределение нефтепродуктов в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г) (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 году



**Рис. 10** Пространственное распределение СПАВ в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г) (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 году

### **Тяжелые металлы**

В 2014 г. концентрация железа в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,04 до 0,13 мг/л. В открытой части моря концентрация железа в воде была выше, чем в прибрежных районах, а в придонном слое выше, чем в поверхностном. В донных отложениях концентрация железа находилась в пределах от 1,6 до 23,3 мг/г, при этом в Среднем Каспии она была заметно выше, чем в Северном Каспии (табл. 7, рис. 11).

В 2014 г. концентрация марганца в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,2 до 9,5 мкг/л. Повышенные значения концентрации тяготели к открытой части Северного Каспия и к прибрежным районам Дагестана. В придонном слое воды концентрация марганца, как правило, была выше, чем на поверхности. В донных отложениях концентрация марганца находилась в пределах от 9,7 до 99,0 мкг/г, при этом в Среднем Каспии она была заметно выше, чем в Северном Каспии (табл. 7, рис. 12).

В 2014 г. концентрация цинка в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,4 до 45,8 мкг/л. Повышенные значения концентрации тяготели к открытой части Северного Каспия и к прибрежным районам Дагестана. В придонном слое воды концентрация цинка, как правило, была выше, чем на поверхности. В донных отложениях концентрация цинка находилась в пределах от 3,4 до 84,3 мкг/г, при этом в открытой части моря она была заметно выше, чем в прибрежных районах (табл. 7, рис. 13).

В 2014 г. концентрация никеля в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,7 до 38,5 мкг/л. В открытой части моря концентрация никеля в воде была выше, чем в прибрежных районах, а в придонном слое выше, чем в поверхностном. В донных отложениях концентрация никеля находилась в пределах от 1,0 до 49,6 мкг/г, при этом в Среднем Каспии она была заметно выше, чем в Северном Каспии (табл. 7, рис. 14).

В 2014 г. концентрация меди в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,3 до 18,3 мкг/л. При этом в Северном Каспии она была заметно выше, чем в Среднем Каспии. В придонном слое воды концентрация меди, как правило, была ниже, чем на поверхности. В донных отложениях концентрация меди находилась в пределах от 0,5 до 23,7 мкг/г, при этом в открытой части Северного Каспия она была заметно выше, чем других укрупненных районах (табл. 7, рис. 15).

В 2014 г. концентрация свинца в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,7 до 17,3 мкг/л. При этом в Северном Каспии она была заметно выше, чем в Среднем Каспии. В придонном слое воды концентрация свинца как правило, была выше, чем на поверхности. В донных отложениях концентрация свинца находилась в пределах от 0,9 до 28,1 мкг/г, при этом в прибрежных районах Среднего Каспия она была заметно выше, чем других укрупненных районах (табл. 7, рис. 16).

В 2014 г. концентрация кадмия в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от 0,06 до 1,87 мкг/л. В открытой части моря концентрация кадмия в воде была выше, чем в прибрежных районах, а в придонном слое заметно выше, чем в поверхностном. В донных отложениях концентрация кадмия находилась в пределах от 0,02 до 0,65 мкг/г, при этом в открытой части Северного Каспия она была выше, чем других укрупненных районов (табл. 7, рис. 17).

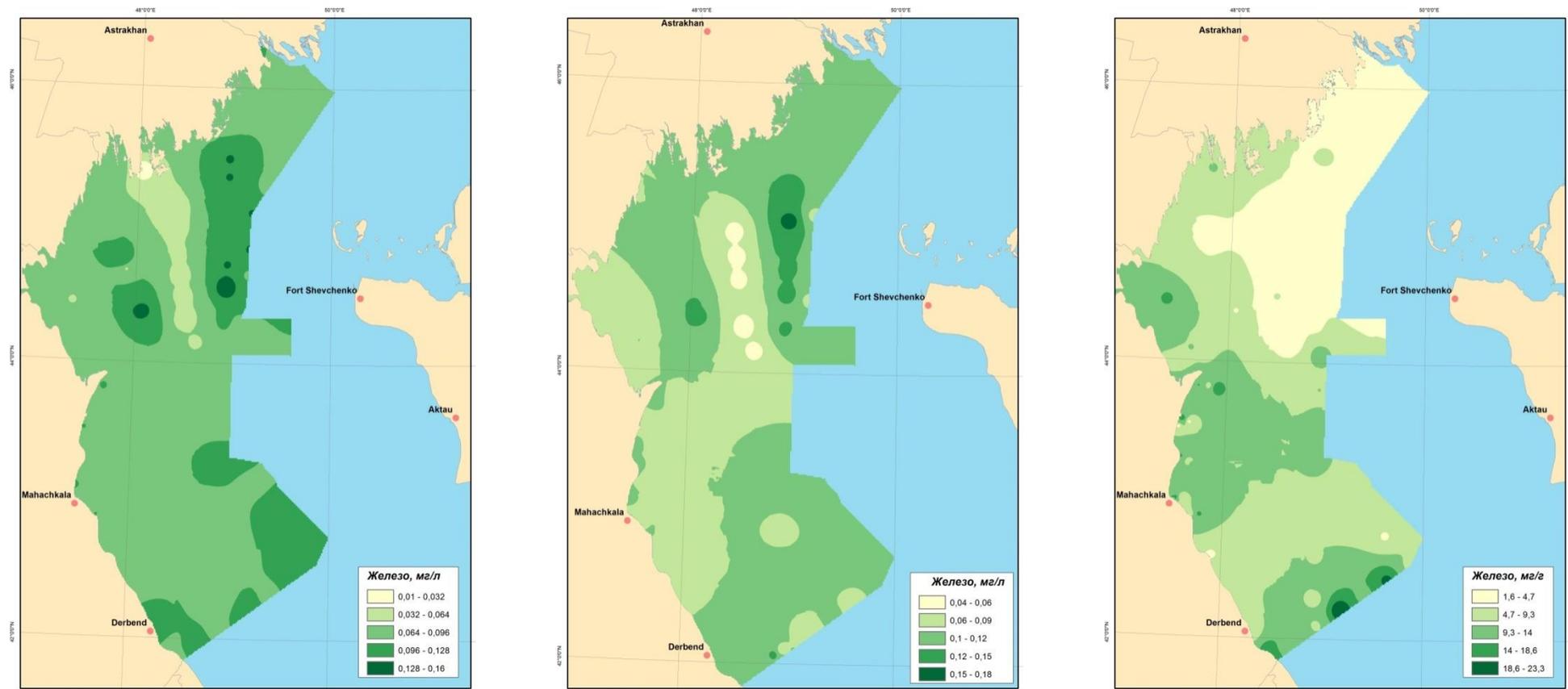
В 2014 г. концентрация цинка в морской воде северо-западной части моря изменялась в пределах от нуля до 0,09 мкг/л. Повышенные значения концентрации тяготели к открытой части Северного Каспия и к прибрежным районам Дагестана. Распределение концентрации ртути в воде было достаточно однородным. В донных отложениях концентрация ртути находилась в пределах от 0,01 до 0,13 мкг/г, при этом в Среднем Каспии она была заметно выше, чем в Северном Каспии (табл. 7, рис. 18).

В 2014 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.

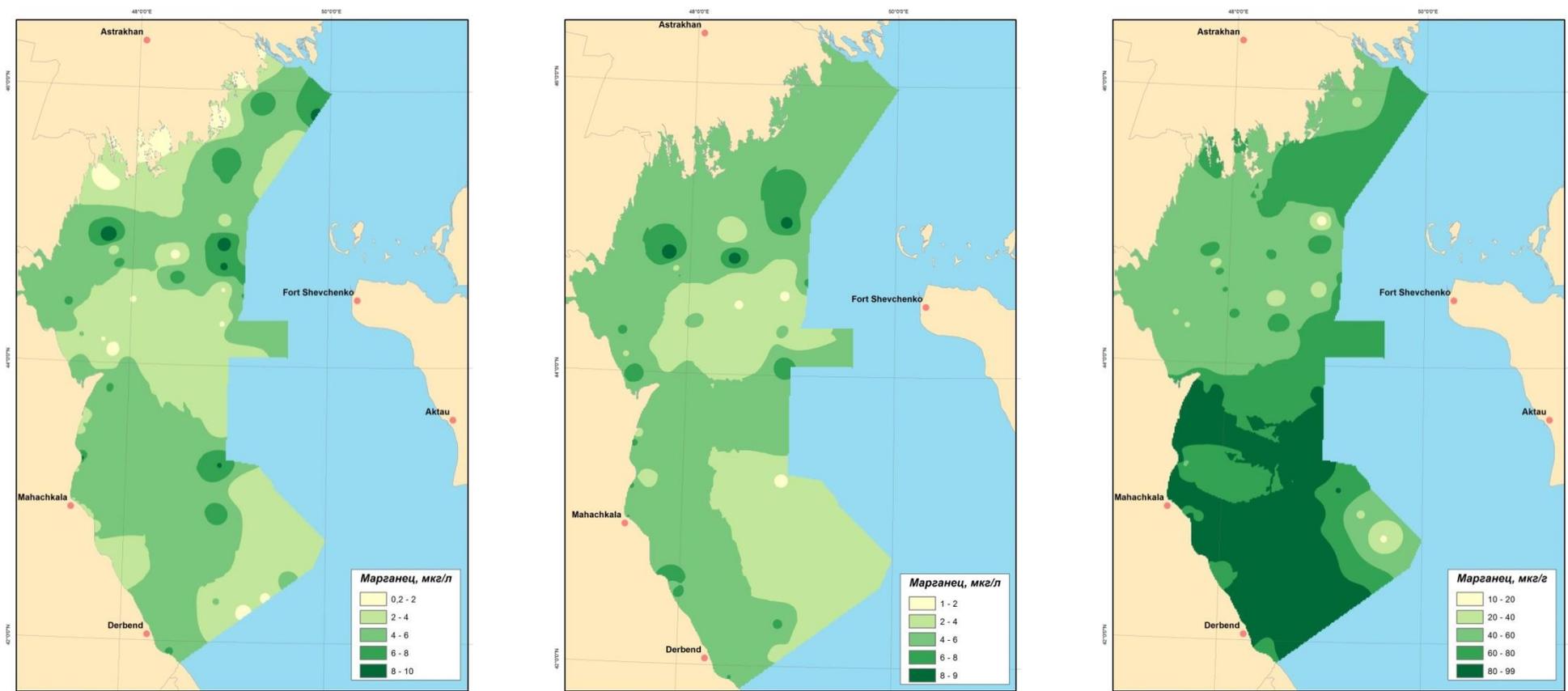
Таблица 7

Средняя концентрация тяжелых металлов в воде и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2014 году

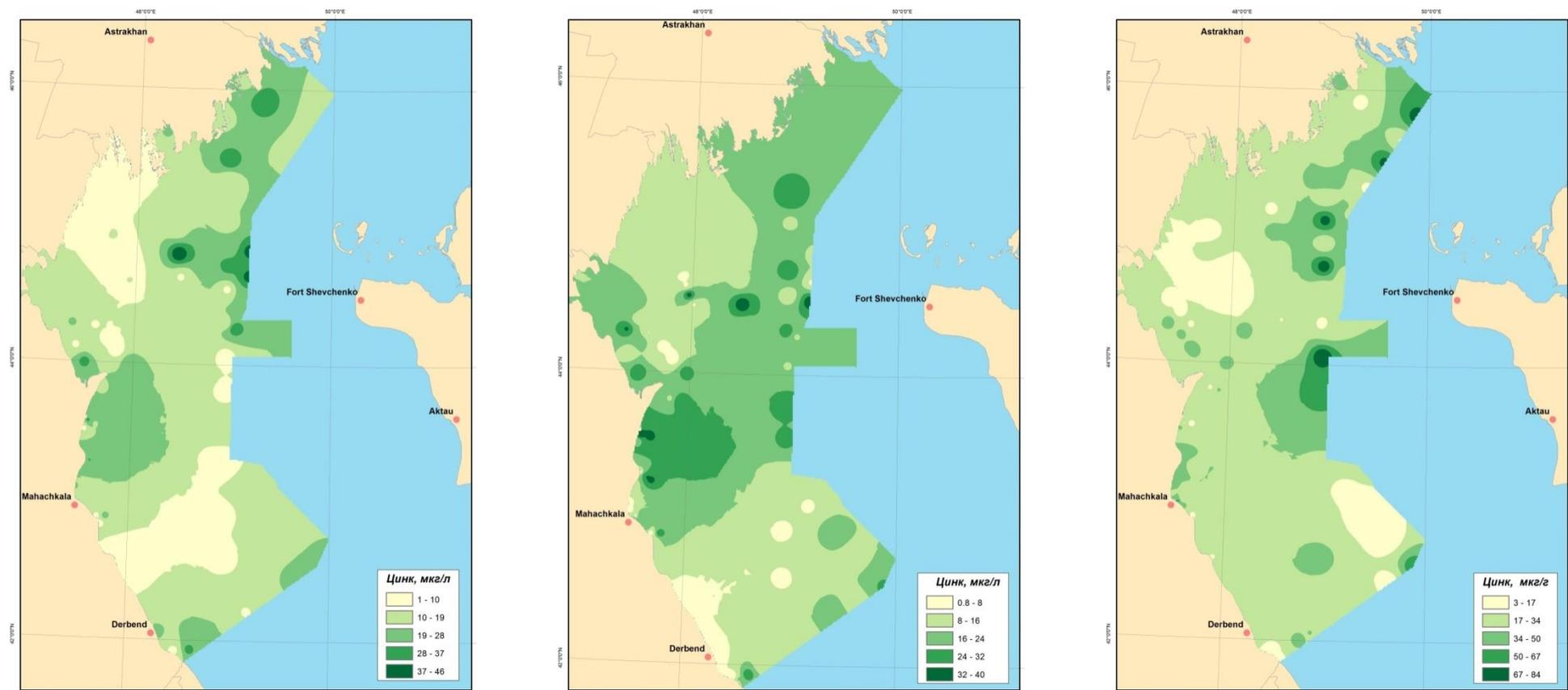
районы		поверхностный слой			придонный слой			донные отложения		
Часть моря	Акватория	ср	макс	мин	ср	макс	мин	ср	Макс	мин
Железо (для воды – мг/л, для осадков – мг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	0,08	0,10	0,01	0,08	0,10	0,06	7,97	15,3	2,20
	открытая	0,09	0,16	0,04	0,10	0,17	0,04	3,40	7,12	1,60
Средний Каспий	прибрежная	0,08	0,11	0,07	0,09	0,12	0,07	10,7	19,5	2,53
	открытая	0,09	0,12	0,07	0,10	0,13	0,07	10,4	23,3	4,33
Марганец (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	2,80	7,60	0,20	4,69	7,70	2,10	48,5	69,4	37,6
	открытая	4,69	9,90	1,40	4,36	9,50	1,60	58,5	79,1	9,69
Средний Каспий	прибрежная	4,43	8,80	2,20	4,82	7,70	3,20	81,3	98,4	42,4
	открытая	3,76	8,00	1,40	3,83	7,40	1,80	76,2	99,0	18,00
Цинк (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	14,4	35,9	2,20	16,9	33,3	2,60	25,6	44,9	10,10
	открытая	17,0	45,8	2,39	18,8	38,4	3,35	29,0	80,6	5,30
Средний Каспий	прибрежная	15,5	33,4	1,23	17,1	42,8	0,40	27,6	69,4	3,40
	открытая	14,5	32,5	2,60	16,0	31,9	6,44	31,4	84,3	2,86
Никель (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	9,24	22,9	1,43	11,2	16,1	3,90	14,2	19,2	11,2
	открытая	18,5	28,5	3,90	19,7	29,2	3,70	14,6	48,4	3,30
Средний Каспий	прибрежная	10,6	18,9	0,72	8,09	18,6	1,18	20,6	49,6	5,60
	открытая	12,2	29,9	5,20	13,1	38,5	1,68	16,2	33,9	1,00
Медь (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	3,79	8,50	0,20	3,65	9,40	1,30	11,3	12,8	10,10
	открытая	3,83	15,3	0,30	3,88	18,3	0,50	13,6	19,5	10,80
Средний Каспий	прибрежная	3,68	7,40	1,90	3,13	5,10	1,60	11,7	23,7	1,38
	открытая	3,53	8,00	1,90	2,51	3,80	1,40	10,4	21,0	0,50
Свинец (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	4,50	8,50	1,30	4,67	8,60	1,85	5,30	9,65	0,90
	открытая	7,76	15,6	1,40	9,02	17,3	1,30	6,39	28,1	0,90
Средний Каспий	прибрежная	3,76	7,50	0,80	3,87	7,00	0,72	8,49	17,7	2,00
	открытая	4,33	9,73	1,05	7,81	12,8	3,40	6,06	13,9	1,10
Кадмий (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	0,43	1,79	0,09	0,75	0,96	0,46	0,14	0,36	0,02
	открытая	0,60	1,83	0,03	0,85	1,87	0,11	0,25	0,65	0,06
Средний Каспий	прибрежная	0,57	1,79	0,07	0,46	1,50	0,06	0,12	0,32	0,04
	открытая	0,67	1,71	0,12	0,76	1,63	0,06	0,18	0,45	0,02
Ртуть (для воды – мкг/л, для осадков – мкг/г)										
Северный Каспий	прибрежная	0,02	0,06	0,00	0,02	0,04	0,00	0,05	0,08	0,01
	открытая	0,04	0,09	0,01	0,04	0,08	0,02	0,03	0,04	0,01
Средний Каспий	прибрежная	0,03	0,06	0,01	0,03	0,05	0,02	0,06	0,13	0,02
	открытая	0,03	0,03	0,01	0,03	0,04	0,02	0,05	0,10	0,02



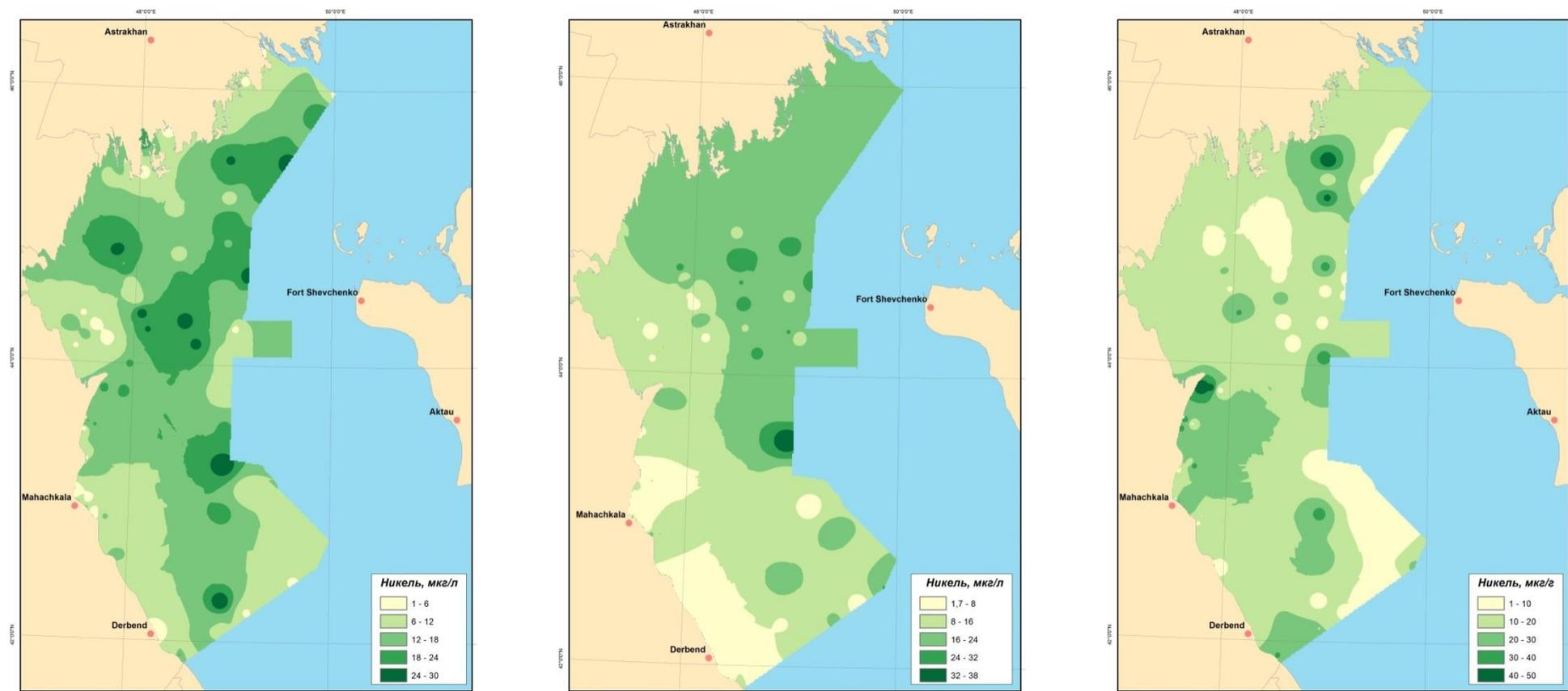
**Рис. 11** Пространственное распределение железа в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



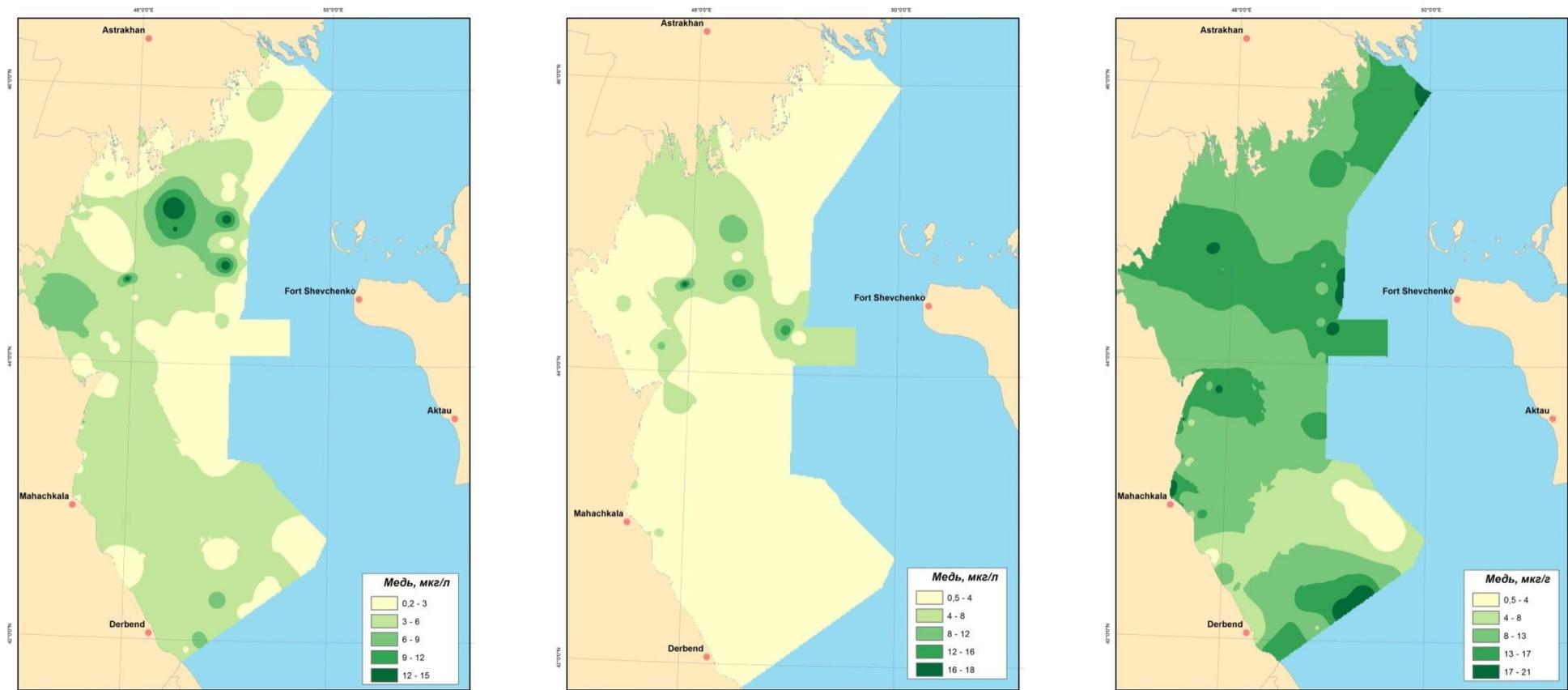
**Рис. 12** Пространственное распределение марганца в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



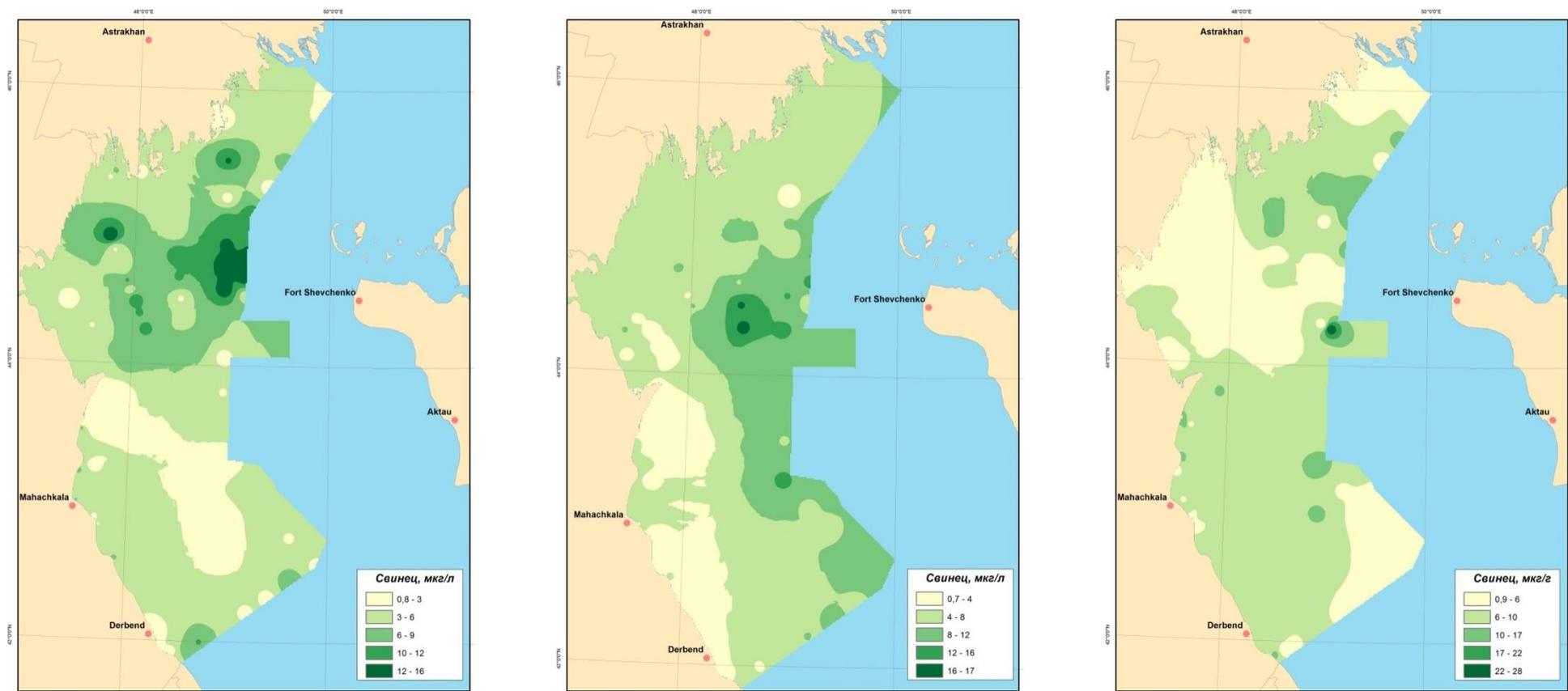
**Рис. 13** Пространственное распределение цинка в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



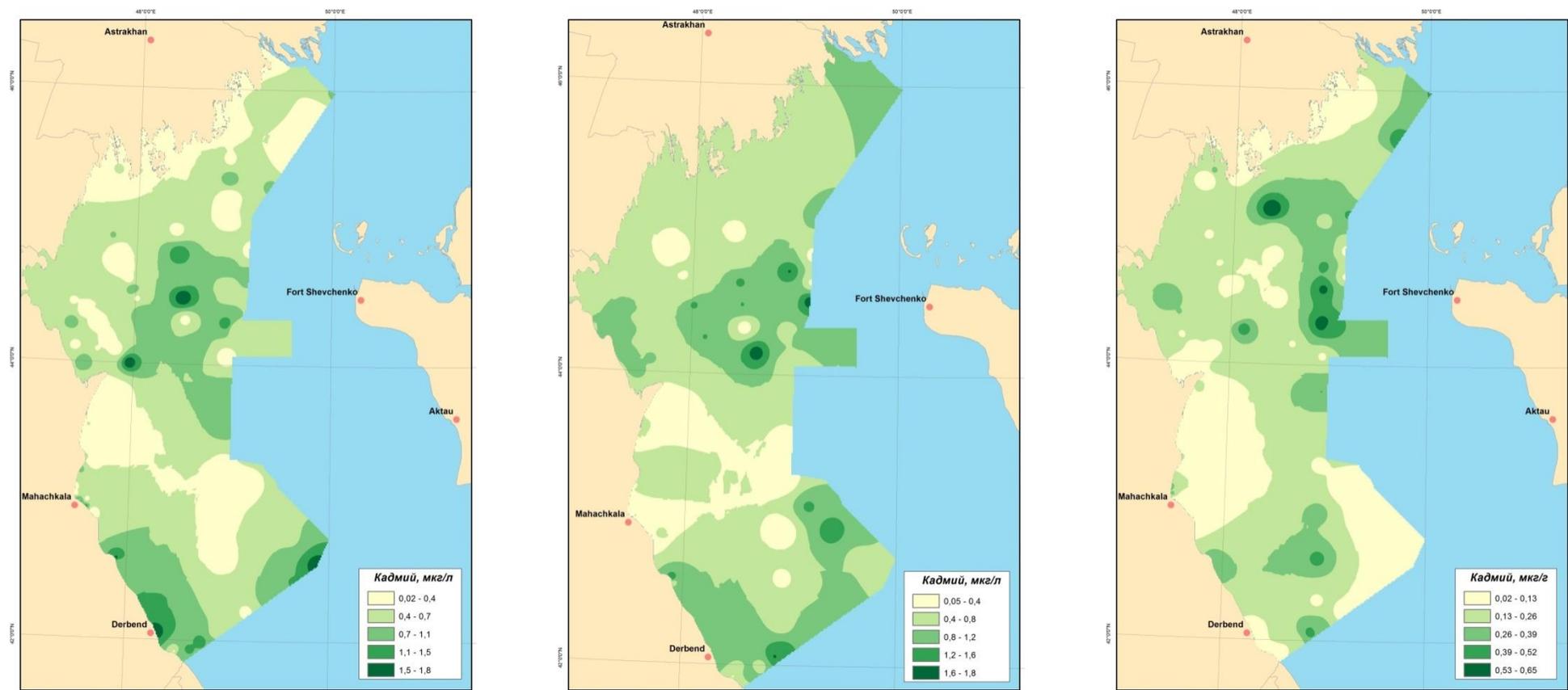
**Рис. 14** Пространственное распределение никеля в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



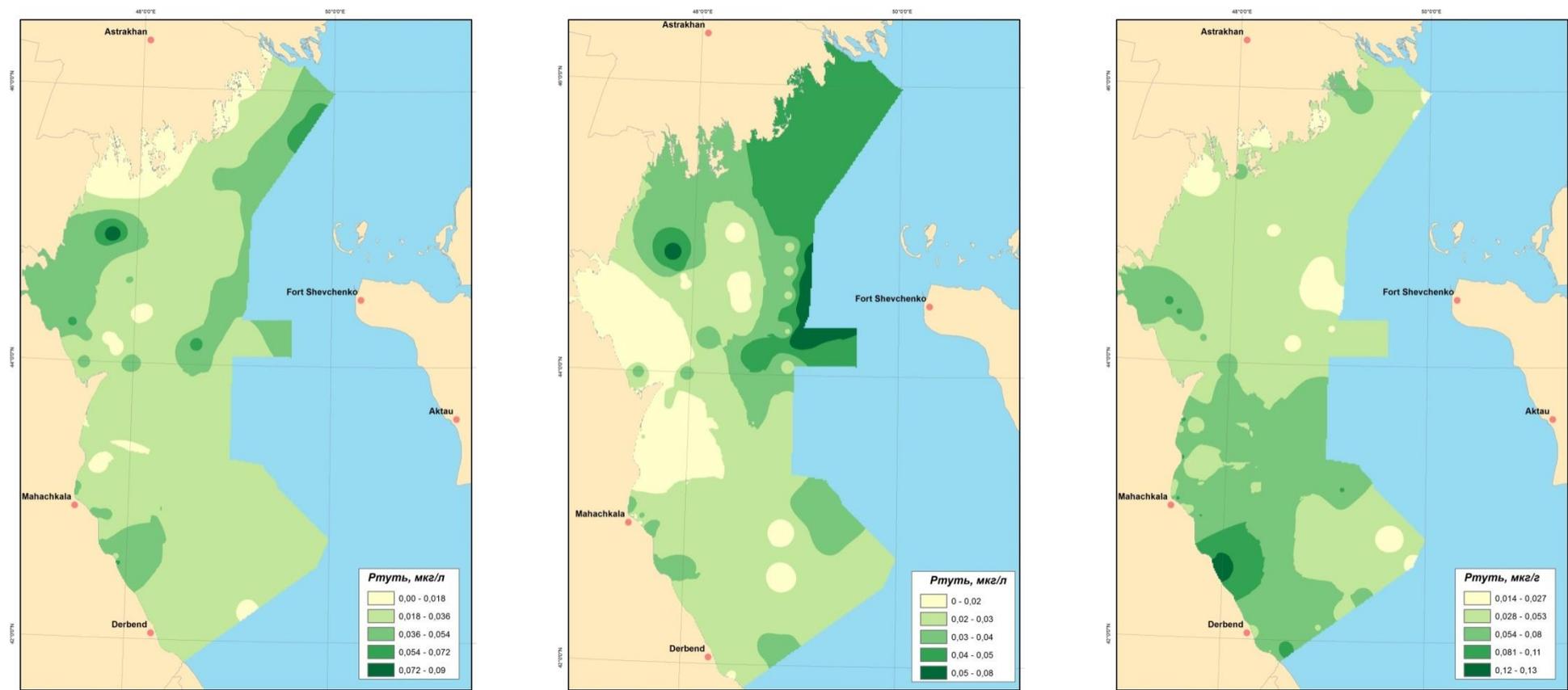
**Рис. 15** Пространственное распределение меди в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



**Рис. 16** Пространственное распределение свинца в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



**Рис. 17** Пространственное распределение кадмия в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.



**Рис. 18** Пространственное распределение ртути в воде и донных отложениях (слева – в поверхностном слое, в центре – в придонном слое, справа – в донных отложениях) северо-западной части Каспийского моря в 2014 г.

По характеру пространственного распределения тяжелых металлов в водах северо-западной части Каспийского моря их можно разделить на три типа. Для железа, никеля и кадмия было характерно повышение концентрации от берега в море. У меди и свинца изменение концентрации происходило вдоль оси север-юг, при этом в Северном Каспии она было выше, чем в Среднем Каспии. Повышенные значения марганца, цинка и ртути наблюдались в открытой части Северного Каспия и в прибрежных водах Среднего Каспия.

По характеру пространственного распределения тяжелых металлов в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря их также можно разделить на три типа. Для цинка, никеля и кадмия было характерно повышение концентрации от берега в море. У железа, марганца и ртути изменение концентрации происходило вдоль оси север-юг, при этом в Северном Каспии она было ниже, чем в Среднем Каспии. Повышенные значения меди и свинца наблюдались в открытой части Северного Каспия и в прибрежных водах Среднего Каспия.

Сходные черты пространственного распределения в воде и донных отложениях обнаружили только два металла – никель и кадмий.

Разнообразный характер пространственного распределения и широкий (до двух порядков) диапазон колебаний концентрации тяжелых металлов в воде указывает на высокую скорость и большое разнообразие путей их биогеохимической миграции в водной среде северо-западной части Каспийского моря. В донных отложениях диапазон изменчивости концентрации тяжелых металлов был уже, чем в воде. Повышенные значения концентрации всех металлов (за исключением меди и кадмия) обнаружены в районах Среднего Каспия, где происходило накопление илистых частиц, привносимых течениями из Северного Каспия. Таким образом, металлы, связанные с взвешенными частицами, были более ограничены в путях миграции, чем металлы, растворенные в воде.

## 5. Стойкие органические загрязнители

Химико-аналитические исследования донных отложений, отобранных в северо-западной части Каспийского моря в экспедиционный период 2014 года, выполнены НПО «Тайфун». В пробах донных отложений определяли содержание алифатических углеводородов (АУВ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), полихлорированных бифенилов (ПХБ), хлорорганических пестицидов (ХОП) и производных фталевой кислоты (фталатов). Наблюдения за АУВ и ПАУ проводили практически на всей акватории на 64 станциях, которые включали также район морского края дельты и ВКК. Наблюдения за содержанием ПХБ, ХОП и фталатов проводились только в прибрежных районах РСНП (для ПХБ – на 20 станциях, для ХОП и фталатов – на 21 станции).

### *Алифатические углеводороды*

В пробах, отобранных в 2014 году, определялись 34 АУВ (от C<sub>10</sub> до C<sub>40</sub>). Суммарное содержание АУВ в донных отложениях РСНП колебалось в пределах от 0,00 до 1099,6 мкг/кг и в среднем составляло 192,2 мкг/кг (табл. 9). В прибрежных районах концентрация АУВ в донных отложениях была выше, чем в открытой части моря. Наибольшим содержанием АУВ отличались донные отложения прибрежных районов Среднего Каспия. Основной вклад в суммарную концентрацию вносили C<sub>17</sub> и пристан, в сумме составляющие до одной трети всех АУВ.

Таблица 9

Содержание суммы АУВ (мкг/кг) в донных отложениях в 2014 году

Статистический Параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая Часть	Прибрежная акватория	Открытая Часть	
Среднее значение	228,0	113,3	277,9	105,7	192,2
Максимум	1099,6	1036,7	606,6	342,6	1099,6
Минимум	19,1	3,90	13,5	0,00	0,00

### **Полициклические ароматические углеводороды**

Суммарное содержание ПАУ в донных отложениях РСНП менялось в диапазоне от нуля (за нуль принимались значения ниже предела обнаружения) до 530 мкг/кг сухого веса при среднем значении 47,3 мкг/кг (табл. 10). Наибольшим содержанием ПАУ отличались донные отложения прибрежной части Среднего Каспия. В составе суммы преобладали нафталин и перилен, составляющие в сумме около половины всех ПАУ. Средняя концентрация бенз/а/пирена составила 0,82 мкг/кг.

**Таблица 10**

Содержание суммы ПАУ (мкг/кг) в донных отложениях в 2014 году

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая Часть	Прибрежная акватория	Открытая Часть	
Среднее значение	25,5	13,8	170	14,6	47,3
Максимум	78,3	74,9	530	30,5	530
Минимум	0,30	0,00	2,7	1,10	0,00

### **Полихлорированные бифенилы**

В экспедиционный период 2014 года суммарная концентрация ПХБ в донных отложениях РСНП менялась в диапазоне от 0,10 до 2,50 мкг/кг сухого веса при среднем значении 0,88 мкг/кг (табл. 11). Наибольшее содержание было отмечено в донных отложениях прибрежной части Среднего Каспия. В составе ПХБ преобладали конгенеры #138, #118 и #101, которые составляли более половины суммарной концентрации.

**Таблица 11**

Содержание суммы ПХБ (мкг/кг) в донных отложениях в 2014 году

Статистический Параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	0,66	1,40	-	-	0,88
Максимум	1,60	2,50	0,70	0,70	2,50
Минимум	0,10	0,70	0,50	0,50	0,10

### **Хлорорганические пестициды**

В экспедиционный период 2014 года средняя концентрация ХОП в донных отложениях РСНП составила 0,70 мкг/кг; диапазон изменчивости составил от 0,10 до 8,70 мкг/кг (табл. 12). Наибольшее содержание было отмечено в донных отложениях прибрежной части Среднего Каспия. Из всего перечня определяемых пестицидов в донных отложениях были обнаружены гексахлорбензол,  $\alpha$ -ГХЦГ, 4,4-ДДЕ, 4,4-ДДД и 4,4-ДДТ.

**Таблица 12**

Содержание суммы ХОП (мкг/кг) в донных отложениях в 2014 году

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Открытая часть	Прибрежная акватория	Открытая часть	
Среднее значение	0,025	2,23	-	-	0,70
Максимум	0,20	8,70	0,20	0,20	8,70
Минимум	0,00	0,40	0,10	0,10	0,10

### Фталаты

Анализ донных отложений Каспийского моря на присутствие фталатов – стойких высокотоксичных производных фталевой кислоты – в рамках программы мониторинга впервые провели 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).

В экспедиционный период 2014 года средняя концентрация фталатов в донных отложениях РСНП составила 667 мкг/кг; диапазон изменчивости находился в пределах от 70,3 до 2317 мкг/кг (табл. 13). Наибольшее содержание было отмечено в донных отложениях прибрежной части Среднего Каспия. Наибольший вклад в суммарную концентрацию (более 95%) вносил ди-*n*-бутилфталат.

Таблица 13

Содержание фталатов (мкг/кг) в донных отложениях в 2014 году

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий		РСНП в целом
	Прибрежная акватория	Прибрежная акватория	Открытая часть		
Среднее значение	507	1073	-		667
Максимум	815	2317	314		2317
Минимум	176	70,3	99,0		70,3

### 6. Комплексная оценка загрязнения и качества морской среды

Для оценки загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря в 2014 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

Предельно допустимая концентрация загрязняющих веществ в морской 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

Предельно допустимая концентрация 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 применяются 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 и приоритетной оценкой морская вода на взморье Волги в 2014 году да характеризовалась как чистая, согласно экстремальной оценке – как умеренно загрязненная (табл. 17). Воды в Кизлярском заливе в соответствии с обобщенной оценкой характеризовались чистые, согласно приоритетной и экстремальной оценке – как умеренно загрязненные. Донные отложения в прибрежных районах Северного Каспия по всем оценкам характеризовались как чистые.

Таблица 17

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах Северного Каспия в 2014 году

Компонент среды	ранняя осень			
	$E_1$	$E_2$	$E_3$	
<b>Взморье Волги</b>				
Вода	0,37	0,48	1,00	
ДО	0,28	0,33	0,33	
<b>Кизлярский залив</b>				
пов	0,38	0,60	1,00	
дно	0,33	0,53	1,00	
ДО	0,22	0,33	0,33	
	чистые	умеренно загрязненные	загрязненные	грязные

В 2014 году морские воды в открытой части Северного Каспия оценивались как чистые только согласно обобщенной оценке и только в поверхностном слое. В соответствии с обобщенной оценкой придонные воды во всех районах характеризовались как умеренно загрязненные. Согласно приоритетной и экстремальной оценке воды открытой части Северного Каспия характеризовались как умеренно загрязненные за одним исключением, оно состояло в том, что согласно приоритетной оценке воды в поверхностном слое на разрезе IIIa оценивались как чистые (табл. 18). Донные отложения на двух разрезах (Восточном и Северном) по всем оценкам характеризовались как чистые. Донные отложения на разрезе IIIa согласно обобщенной и приоритетной оценке характеризовались как чистые, а согласно экстремальной оценке – как умеренно загрязненные. Донные отложения на разрезе III согласно обобщенной и приоритетной оценке характеризовались как умеренно загрязненные, а согласно экстремальной оценке – как загрязненные.

**Таблица 18**

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части Северного Каспия в 2014 году

Компонент среды	2014 г.		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>разрез Восточный</b>			
Пов	0,44	0,57	1,00
Дно	0,56	0,71	1,33
ДО	0,22	0,33	0,33
<b>разрез III</b>			
Пов	0,48	0,54	1,00
Дно	0,52	0,67	1,33
ДО	0,56	0,56	1,67
<b>разрез Северный</b>			
Пов	0,48	0,54	1,33
Дно	0,70	0,79	1,33
ДО	0,28	0,33	0,33
<b>разрез IIIa</b>			
Пов	0,33	0,38	0,67
Дно	0,52	0,58	1,00
ДО	0,39	0,39	0,67

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

Согласно обобщенной ансамблевой оценке морские воды и донные отложения в прибрежных районах Среднего Каспия в 2014 году оценивались как чистые (табл. 19). Согласно приоритетной оценке воды поверхностного слоя во всех районах (кроме Дербента и Самура), а также воды придонного слоя во всех районах (кроме Лопатина, Прорези, Каспийска, Дербента и Самура) характеризовались как чистые. В названных исключительных случаях морские воды согласно приоритетной оценке характеризовались как умеренно загрязненные. Донные отложения в соответствии с приоритетной оценкой оценивались как чистые, за исключением районов Махачкалы и Самура, где они были умеренно загрязненными. Согласно экстремальной ансамблевой оценке морские воды и донные отложения во всех прибрежных районах Среднего Каспия, за исключением Махачкалы и Каспийска оценивались как умеренно загрязненные. Донные отложения в районе Махачкалы они оценивались как загрязненные, а в районе Каспийска – как чистые.

Таблица 19

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах  
Среднего Каспия в 2014 году

Компонент среды	2014 г.		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Лопатин</b>			
Пов	0,33	0,44	0,67
Дно	0,29	0,58	1,00
ДО	0,33	0,50	1,00
<b>Прорезь</b>			
Пов	0,42	0,48	1,00
Дно	0,21	0,56	1,00
ДО	0,17	0,50	0,67
<b>Сулак</b>			
Пов	0,33	0,44	0,67
Дно	0,33	0,44	1,00
ДО	0,33	0,50	1,00
<b>Махачкала</b>			
Пов	0,33	0,44	1,00
Дно	0,29	0,47	1,00
ДО	0,44	0,67	1,67
<b>Каспийск</b>			
Пов	0,21	0,33	0,33
Дно	0,33	0,53	1,00
ДО	0,17	0,33	0,33
<b>Изберг</b>			
Пов	0,25	0,50	0,67
Дно	0,25	0,50	1,00
ДО	0,22	0,44	0,67
<b>Дербент</b>			
Пов	0,13	1,00	1,00
Дно	0,13	1,00	1,00
<b>Самур</b>			
Пов	0,17	0,67	0,67
Дно	0,08	0,67	0,67
ДО	0,11	0,67	0,67

	Чистые		умеренно загрязненные		загрязненные		грязные
--	--------	--	-----------------------	--	--------------	--	---------

В 2014 году морские воды и донные отложения в открытой части Среднего Каспия в соответствии с обобщенной ансамблевой оценкой характеризовались как чистые, в соответствии с экстремальной оценкой – как умеренно загрязненные (табл. 20). Согласно приоритетной оценке морские воды оценивались как чистые, за исключением поверхностного слоя вод на разрезе Южный и придонных вод на разрезах Меридиональный и Центральный, которые были отнесены к умеренно загрязненным водам. Согласно приоритетной ансамблевой оценке донные отложения на всех разрезах Среднего Каспия оценивались как чистые.

Таблица 20

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части Среднего Каспия в 2014 году

Компонент среды	2014 г.		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>разрез Меридиональный</b>			
Пов	0,46	0,46	1,00
Дно	0,42	0,56	1,00
ДО	0,33	0,40	0,67
<b>разрез Центральный</b>			
Пов	0,33	0,38	0,67
Дно	0,33	0,53	1,00
ДО	0,22	0,44	0,67
<b>разрез Южный</b>			
Пов	0,29	0,58	1,33
Дно	0,38	0,43	1,00
ДО	0,28	0,42	0,67

	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 приведены в табл. 21. Как следует из приведенных данных, в 2014 г. морские воды в северо-западной части Каспийского моря преимущественно оценивались как чистые, в отдельных районах – как умеренно загрязненные.

Таблица 21

Индексы загрязнения морских вод (ИЗВ) в северо-западной части Каспийского моря в 2014гг.

Район исследований	Горизонты	
	Поверхность	Дно
1	2	3
<b>Прибрежная акватория Северного Каспия</b>		
Взморье Волги	0,65	-
Кизлярский залив	0,50	0,44
<b>Открытая часть Северного Каспия</b>		
Восточный	0,52	0,87
Разрез III ГНС	0,82	0,85
Северный	0,84	0,91
Разрез IIIa ГНС	0,66	0,72
<b>Прибрежная акватория Среднего Каспия</b>		
Лопатин	0,41	0,49
Прорезь	0,52	0,36
Сулак	0,44	0,44
Махачкала	0,46	0,41
Каспийск	0,47	0,43
Изберг	0,36	0,38
Дербент	0,41	0,33
Самур	0,45	0,42

Таблица 21, продолжение

1	2	3
<b>Открытая часть Среднего Каспия</b>		
Меридиональный	0,38	0,81
Центральный	0,43	0,63
Южный	0,43	0,71

**Примечание:** использованы следующие обозначения цветов

	загрязненные воды
	умеренно загрязненные
	Чистые

В табл. 22 приведены средние значения ИЗВ морских вод в укрупненных районах северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 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 2014 г. качество морских вод улучшилось по сравнению с предыдущими годами. В отличие от предыдущих лет наиболее загрязненными оказались воды открытой части моря.

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				2014	
	Сентябрь-октябрь		Ноябрь-декабрь		Сентябрь-октябрь		Ноябрь-декабрь		Август-декабрь	
	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно	пов	дно
Северный Каспий, прибрежная	0,92	-	1,2	-	1,15	0,85	-	0,57	0,44	
Северный Каспий, открытая	0,88	0,88	1,02	1,12	0,78	0,77	0,54	0,55	0,69	0,82
Средний Каспий, прибрежная 1	0,97	0,96	1,22	1,23	1,07	0,86	1,03	0,81	0,46	0,42
Средний Каспий, прибрежная 2	0,92	0,9	0,83	0,81	0,89	0,74	0,91	0,66	0,43	0,40
Средний Каспий, открытая	0,84	1,03	0,81	1,09	0,66	0,88	-	-	0,41	0,73
<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>	<b>0,55</b>	<b>0,60</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 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 Каспийского моря.

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 береговую 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.

В 2013 году КаспМНИЦ совместно с Гидрометцентром России приступил к разработке технологии расчета водообмена и переноса загрязняющих веществ между различными частями и секторами Каспийского моря (рис.19), базирующейся на использовании оперативной гидродинамической модели Каспийского моря в связке с наблюдениями, проводимыми в рамках государственных и корпоративных программ мониторинга загрязнения морской среды. Схематическое изображение указанной технологии дано ниже.

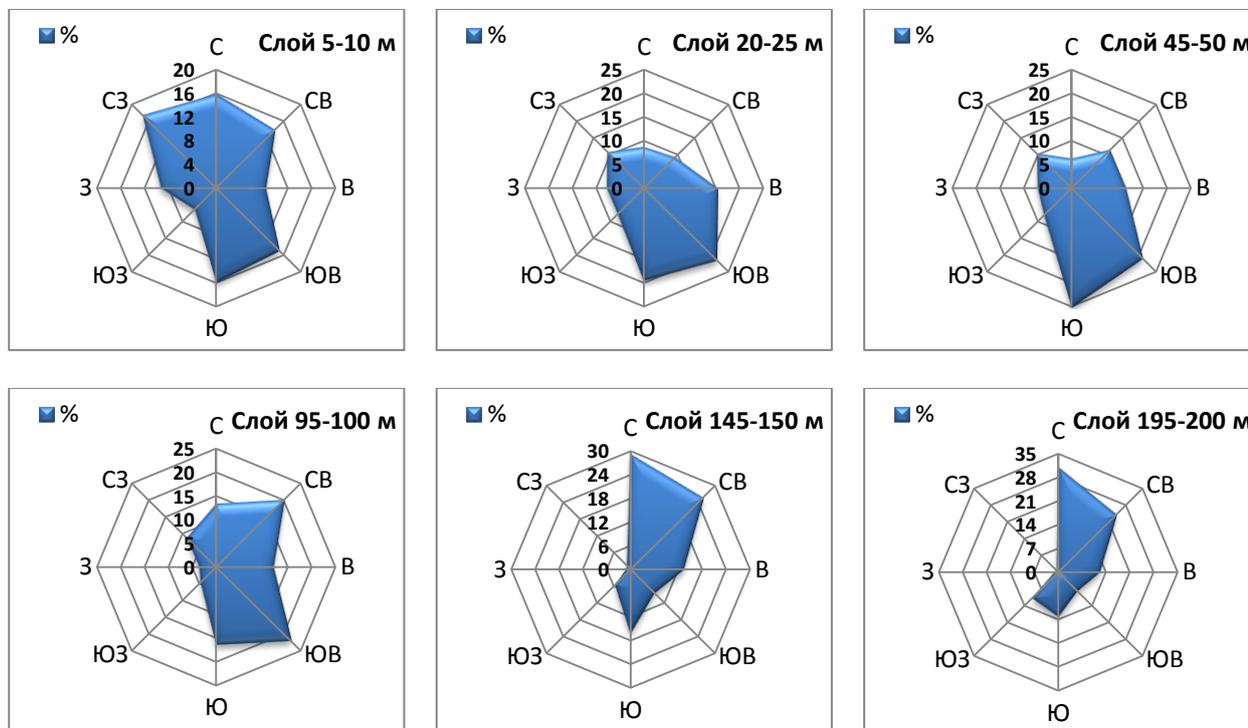


**Рис. 19** Технология расчета водообмена и переноса загрязняющих веществ между различными частями Каспийского моря. РММ – региональная метеорологическая модель; ГМ – гидродинамическая модель; ДМ – данные мониторинга; ЗВ – загрязняющие вещества

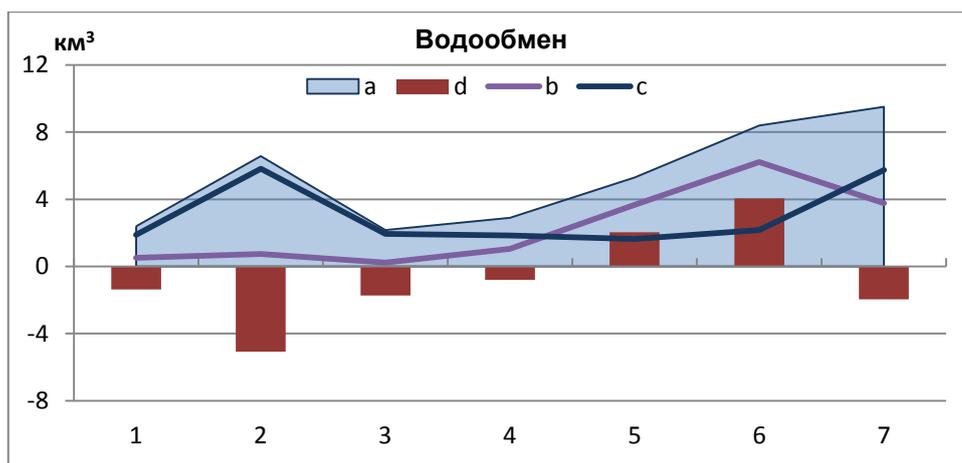
Адаптация модели высокого разрешения к диагностическим расчетам водообмена и трансграничного переноса загрязняющих веществ была выполнена в компании «Инфомар». В ходе расчета водообмена между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря в качестве границы между ними использовалась прямая линия разграничения морского дна в целях недропользования, начинающаяся от уреза воды в точке с координатами 41 град 50 мин 5 сек северной широты и 48 град 35 мин 6 сек восточной долготы и заканчивающаяся в точке с координатами 42 град 33 мин 6 сек северной широты и 49 град 53 мин и 3 сек восточной долготы. Данный участок был разбит на 7 более мелких контрольных участков.

Расчеты водообмена и трансграничного переноса выполнялись для периода с 18 час мск 14 декабря до 21 час мск 15 декабря 2014 года. В течение указанного периода на границе между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря проводились экспедиционные работы на разрезе «Южный» (в связи с этим далее выбранный участок границы РСНП также будет именоваться разрезом «Южный»). Базовыми результатами расчета явились скорость и направление течения, а также компоненты X и Y скорости течения, рассчитанные для каждой ячейки модели (1852 x 1852 x 5 метров), расположенной на разграничительной линии, с временной дискретностью 1 час.

По результатам выполненных расчетов в рассматриваемый период времени на разрезе «Южный» преобладали течения вдоль оси, направленной с юго-запада на северо-восток (рис. 20). По результатам расчетов, суммарный водообмен в период 14-15 декабря 2014 года (всего за 28 часов) составил 37,2 км<sup>3</sup>, результирующий – 4,8 км<sup>3</sup> (за пределы российского сектора было вынесено 21,0 км<sup>3</sup> воды, а привнесено в него 16,2 км<sup>3</sup>). Наиболее интенсивным водообмен был в восточной и западной частях разреза «Южный» (рис. 21).



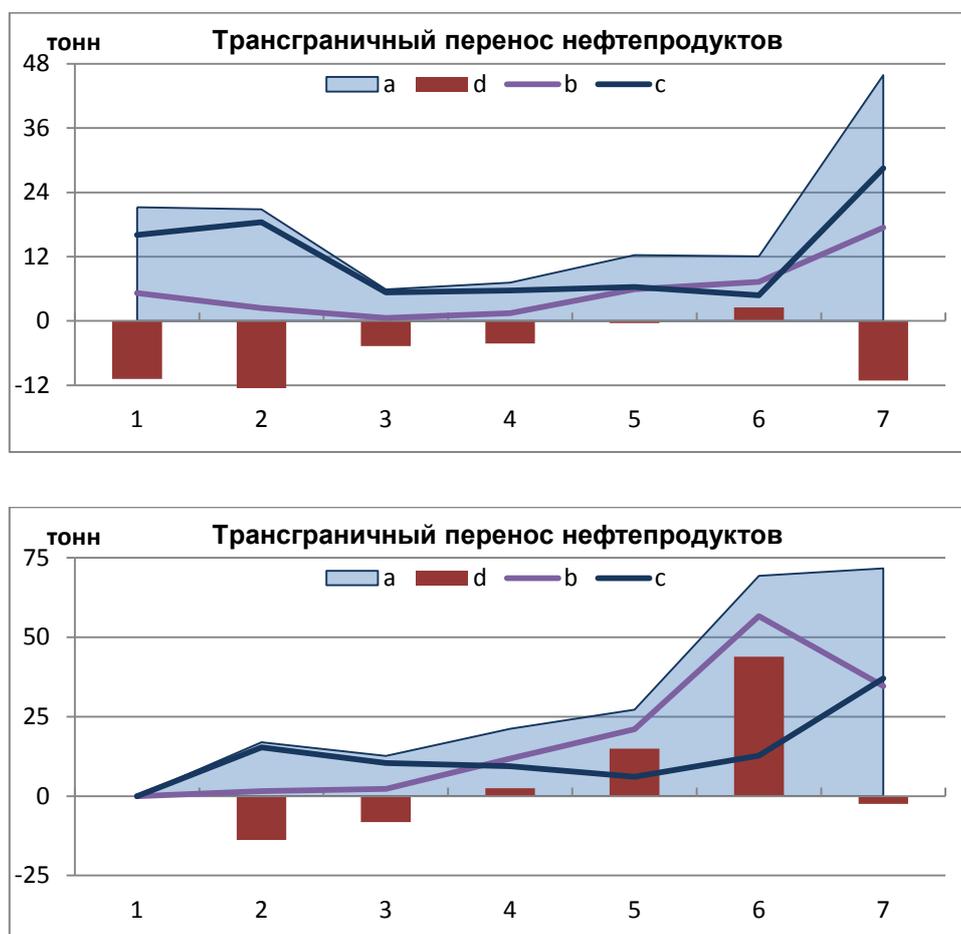
**Рис. 20** Повторяемость течений по направлениям (%) в различных слоях воды на границе между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря 14-15 декабря 2014 года



**Рис. 21** Водообмен (км<sup>3</sup>) между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря 14-15 декабря 2014 года на различных контрольных участках в слое 0-200 м. 1 – крайний западный участок; 7 - крайний восточный участок; а – суммарный водообмен; б – приток; с - отток воды; д – результирующий водообмен

Расчет трансграничного переноса осуществлялся в отношении 9 загрязняющих веществ: нефтепродуктов, 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).

Показатели трансграничного переноса загрязняющих веществ (ЗВ) между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря в основном определялись характеристиками водообмена. В частности, в слое 0-200 м величина результирующего переноса для всех ЗВ принимала отрицательные значения (отток превышал приток), составляя 6-28% от суммарного переноса. Параметры трансграничного переноса испытывали как горизонтальную, так и вертикальную изменчивость. Суммарный перенос ЗВ был наиболее интенсивным в восточной и западной частях разреза «Южный», а его величина, как правило, снижалась с глубиной. При этом в слое 10-100 м в основном наблюдался отток ЗВ, в слое 150-200 м – приток, а в слоях 0-10 и 100-150 м – как приток, так и отток ЗВ (рис. 22).



**Рис. 22** Трансграничный перенос нефтепродуктов (тонн) между российским и азербайджанским секторами Каспийского моря 14-15 декабря 2014 года на различных контрольных участках в слое 10-100 м (вверху) и 150-200 м (внизу). На оси абсцисс – номера участков с запада на восток; а – суммарный перенос; b – приток; c – отток; d – результирующий перенос

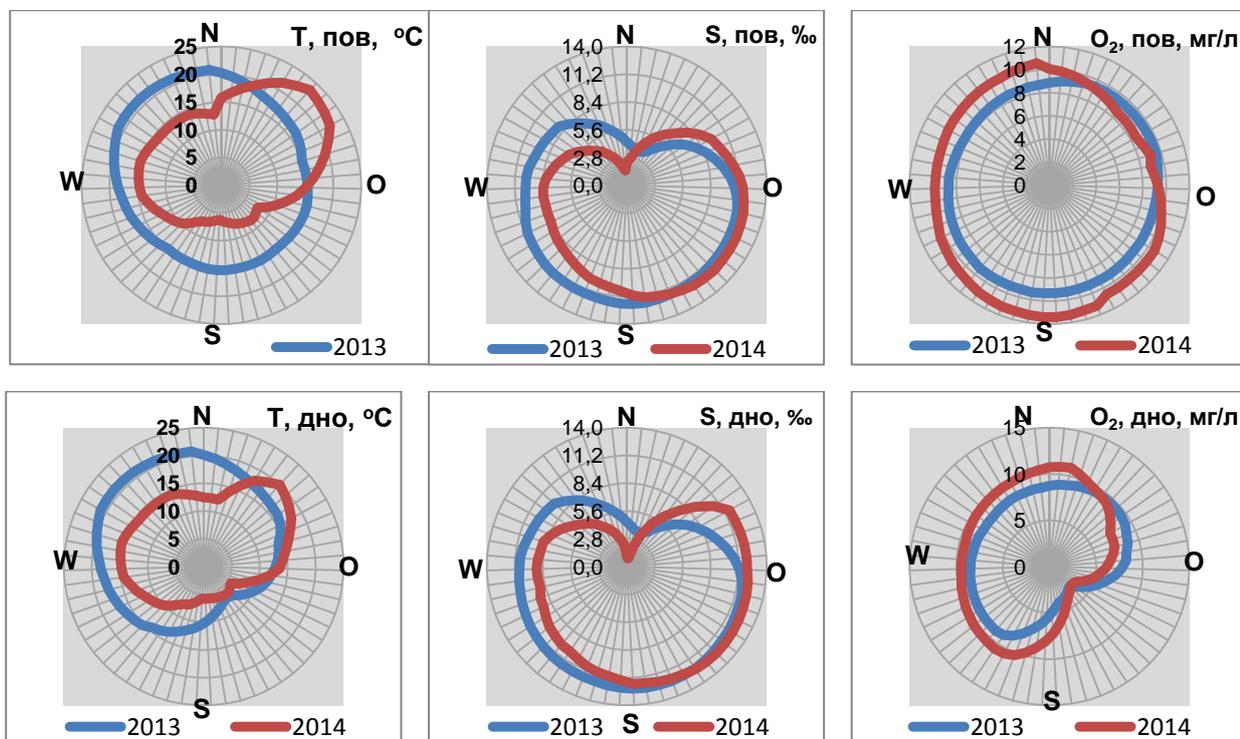
Разработанная технология расчета трансграничного переноса загрязняющих веществ с использованием данных мониторинга и моделирования представляет собой яркий пример расширяющегося использования методов и технологий оперативной метеорологии и океанографии для охраны окружающей среды. Ожидается, что на Каспийском море она будет востребована для разработки совместных мер по защите морской среды от загрязнения в рамках Тегеранской конвенции.

## 8. Межгодовые изменения состояния и загрязнения морской среды

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 2013 и 2014 год располагались на одном рисунке, благодаря чему легко прослеживаются межгодовые изменения морской среды вдоль периметра РСНП. Для сравнительной характеристики использовались данные наблюдений, проводившихся в сентябре-октябре 2013 года (так как в это время года они охватывали всю рассматриваемую акваторию) и августе-декабре 2014 года. Различия в сроках проведения наблюдений нашли отражение в межгодовой изменчивости.

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

На большей части рассматриваемой акватории (за исключением северо-восточного района) температура морской воды в 2014 г. оказалась ниже, чем в 2013 г. (рис. 23), что объясняется различными сроками проведения наблюдений. Соответственно, концентрация растворенного кислорода, в связи с повышением его растворимости в воде, наоборот, возросла. Наиболее вероятной причиной опреснения прибрежных вод Северного и Среднего Каспия и осолонения северо-восточной части рассматриваемой акватории в 2014 г. по сравнению с 2013 г. является усиление циклонической циркуляции вод.



**Рис. 23** Межгодовые изменения температуры и солёности воды, а также содержания растворенного кислорода в северо-западной части Каспийского моря в 2013-2014 гг.

В 2013-2014 гг. донные отложения северо-западной части Каспийского моря обогащались мелкозернистыми фракциями (алевритом и пелитом) и обеднялись крупнозернистыми (крупным и мелким песком). В 2014 г. по сравнению с предыдущим годом резко возросла доля алеврита в донных отложениях Северного Каспия за счет снижения доли крупного песка (табл. 23, рис. 24). Содержание пелита в донных отложениях прибрежных районов Среднего Каспия повысилось за счет снижения доли мелкого песка. Заиление, по-видимому, носит терригенный характер, на что указывает уменьшение концентрации органического вещества в донных отложениях Дербентской котловины, куда направлен основной поток илистых наносов.

Таблица 23

Межгодовые изменения в гранулометрическом составе донных отложений в северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 гг.

Часть моря, акватория	Ракуша			Крупный песок			Мелкий песок		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
СКп	7,1	9,2	4,7	8,6	16,0	6,1	42,8	29,0	20,9
СКо	23,6	20,2	23,2	27,0	32,6	26,3	33,7	31,1	25,1
СрКп	9,2	9,6	14,0	11,3	11,0	12,8	18,5	17,7	6,2
СрКо	24,7	22,5	27,7	6,3	5,6	7,9	8,5	10,8	4,5

Часть моря,	Алеврит			Пелит			Органическое вещество		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
СКп	17,8	17,1	34,2	23,7	28,5	34,0	0,96	0,86	0,96
СКо	10,0	11,0	20,0	5,5	4,9	5,5	0,53	0,28	0,49
СрКп	9,5	8,6	13,1	51,4	52,7	53,9	1,01	0,93	1,05
СрКо	3,6	4,3	8,7	58,3	56,6	51,2	1,44	1,84	0,70

СКп – Северный Каспий прибрежный район; СКо – Северный Каспий открытый район; СрКп – Средний Каспий прибрежный район; СрКо – Средний Каспий открытый район

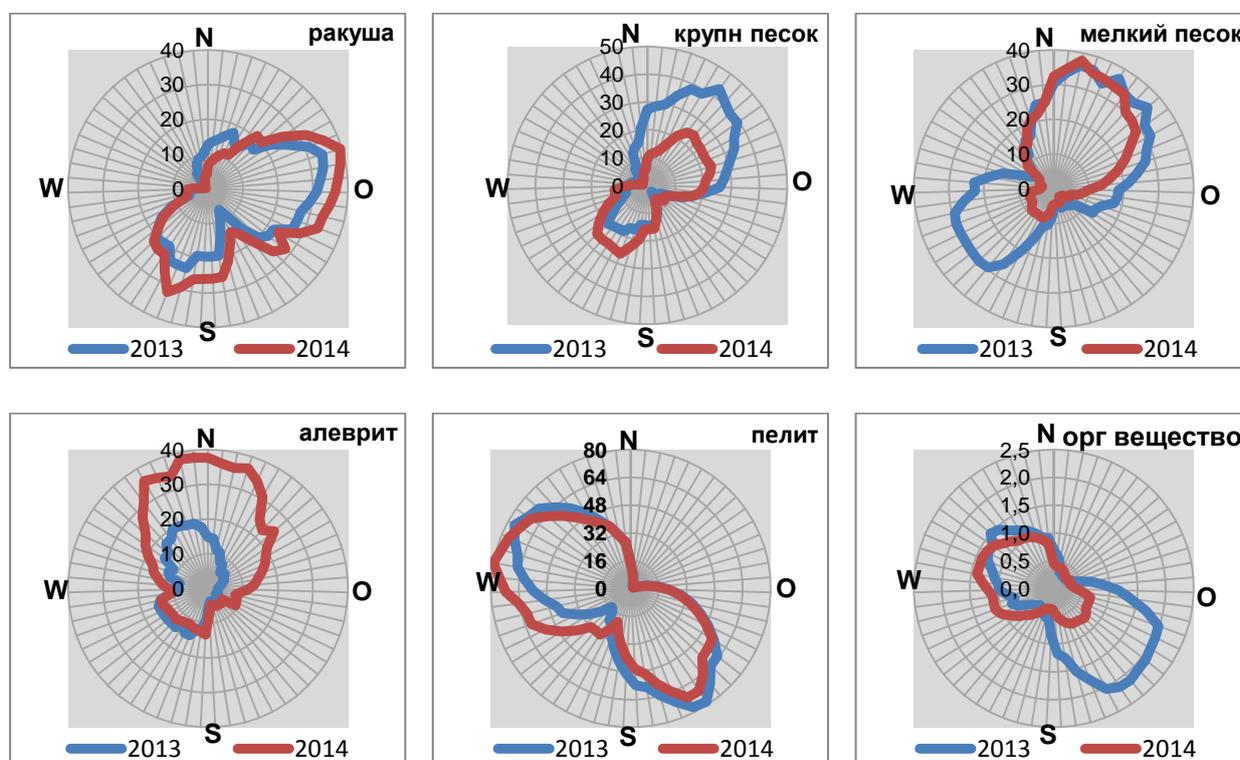


Рис. 24 Межгодовые изменения гранулометрического состава (%) и содержания органического вещества в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2013-2014 гг.

### Загрязнение морской среды

Средняя концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части Каспийского моря в 2014 году снизилась по сравнению с двумя предыдущими годами (табл. 24), при этом изменился характер их пространственного распределения (рис. 25). Снижение, очевидно, было обусловлено уменьшением поступления нефтепродуктов с волжским стоком в условиях маловодья – в отличие от предыдущих лет зона с повышенной концентрацией не вышла за пределы мелководной части взморья Волги. В этих условиях основным источником загрязнения нефтепродуктами северо-западной части моря явилась адвекция морских вод из восточной части Среднего Каспия, уровень загрязненности которых был относительно высок. Эта адвекция хорошо прослеживается на карте (рис. 9), круговой диаграмме (рис. 25) и подтверждается гидрологическими данными, указывающими на усиление циклонической циркуляции вод в Среднем Каспии в 2014 г. Снижение концентрации нефтепродуктов в 2014 г. по сравнению с двумя предыдущими годами также зафиксировано в донных отложениях. Наименьшим это снижение было в северо-западном секторе, а наибольшим в юго-восточном секторе акватории. Из этого следует, что межгодовые изменения пространственного распределения нефтепродуктов в общих чертах совпадали с изменениями пространственного распределения органического вещества в донных отложениях.

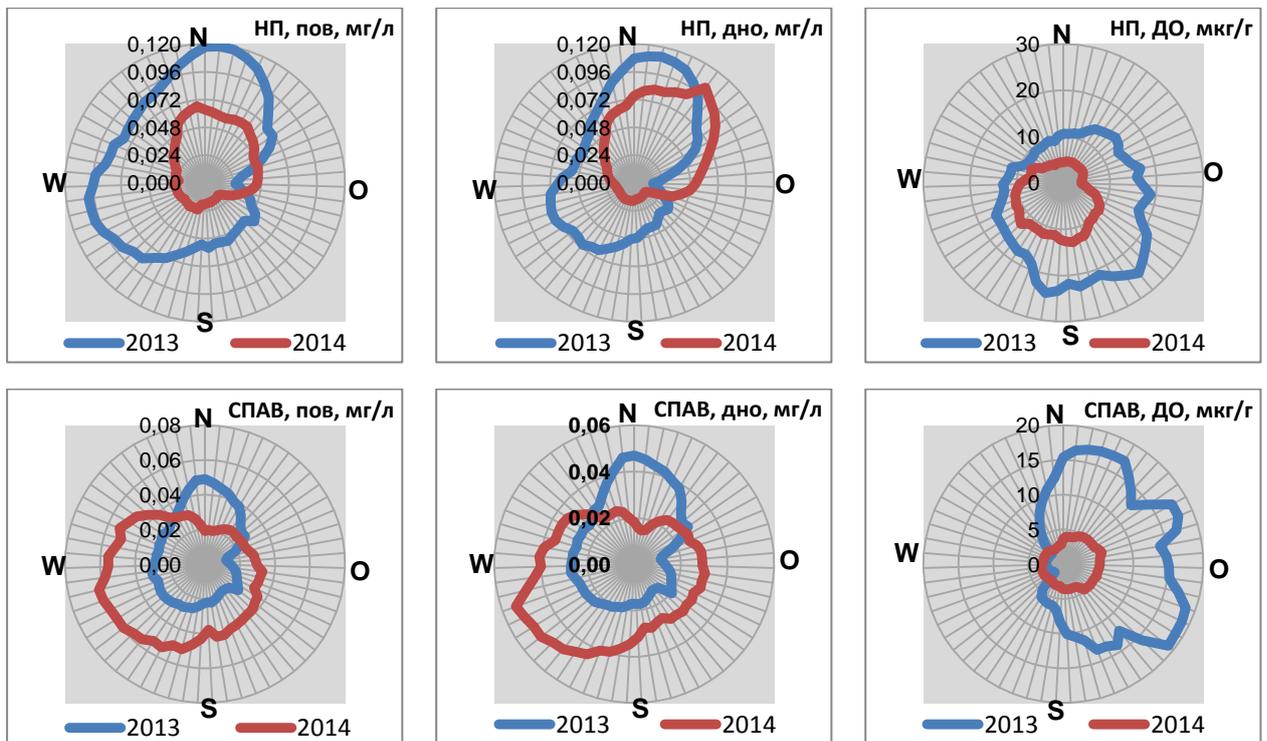
В 2014 году зарегистрировано повышение средней концентрации СПАВ в водах северо-западной части Каспийского моря (табл. 24), но, как это видно на круговой диаграмме, это повышение коснулось только Среднего Каспия (главным образом, прибрежных районов), тогда как в водах Северного Каспия концентрация СПАВ, наоборот, снизилась (рис. 25). Можно предполагать, что вместе с уменьшением поступления СПАВ с волжским стоком в 2014 году увеличилось их поступление из наземных источников, расположенных на Дагестанском побережье. Концентрация СПАВ в донных отложениях в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом снизилась, но характер пространственного распределения при этом не претерпел существенных изменений.

В 2014 году по сравнению с двумя предыдущими годами в водах северо-западной части моря снизилась концентрация железа, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация кадмия и ртути, а концентрация марганца и свинца сохранилась на предыдущем уровне (табл. 24). В донных отложениях северо-западной части моря снизилась концентрация марганца, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация свинца, кадмия и ртути, а концентрация железа сохранилась на предыдущем уровне (табл. 24).

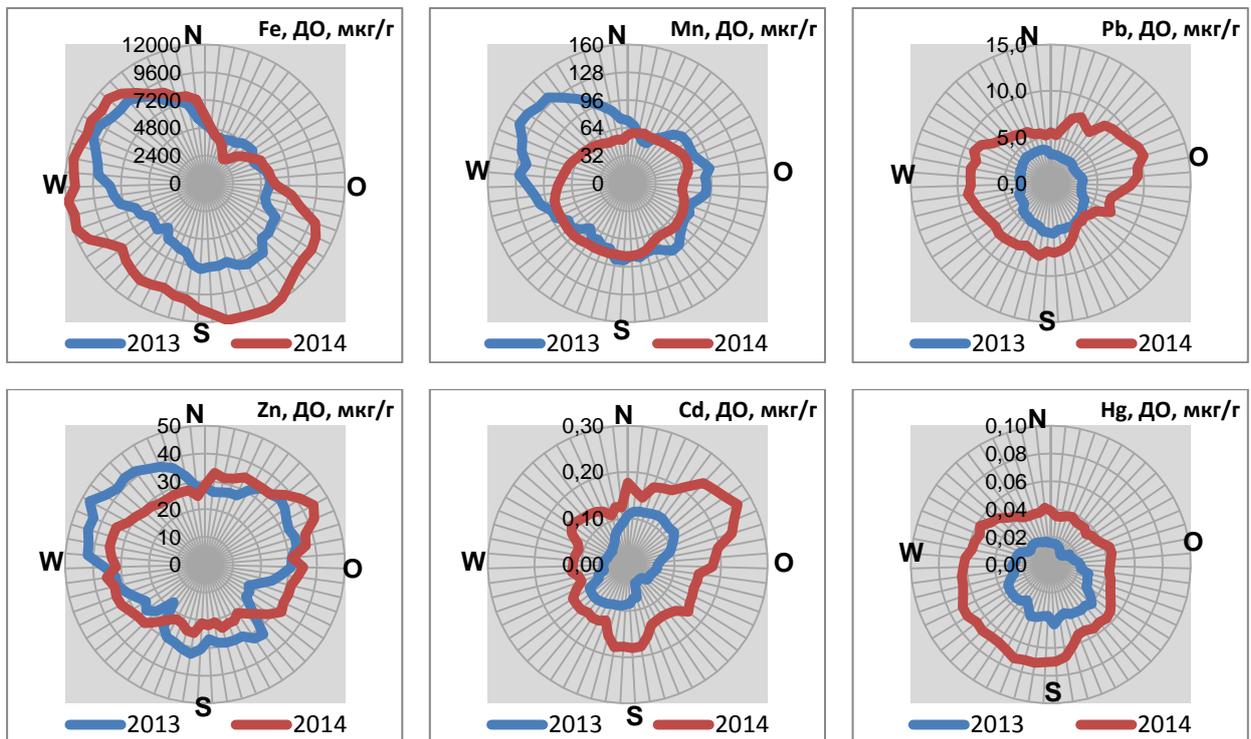
Таблица 24

Средняя концентрация загрязняющих веществ в морской воде и донных отложениях в пределах РСНП ранней осенью 2012-2014 гг.

Показатель	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
	Вода			Донные отложения		
НП (мг/л; мкг/г)	0,07	0,07	0,04	34,6	14,3	7,7
СПАВ (мг/л; мкг/г)	0,01	0,03	0,04	6,2	11,4	3,9
Cu(мкг/л; мкг/г)	7,6	6,7	3,5	26,4	14,5	12,0
Pb(мкг/л; мкг/г)	4,7	9,6	5,8	5,7	3,6	6,8
Cd(мкг/л; мкг/г)	0,14	0,25	0,62	0,11	0,07	0,18
Hg(мкг/л; мкг/г)	0,01	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05
Fe(мг/л; мкг/г)	0,14	0,13	0,09	7781	5986	7705
Mn(мкг/л; мкг/г)	4,1	4,0	4,3	120	84	67
Zn(мкг/л; мкг/г)	27,4	16,8	16,4	49,3	28,6	28,3
Ni(мкг/л; мкг/г)	37,4	23,1	13,1	30,0	19,2	16,7



**Рис. 25** Межгодовые изменения содержания нефтепродуктов и СПАВ в воде и донных отложениях в северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013-2014 гг.



**Рис. 26** Межгодовые изменения содержания тяжелых металлов в донных отложениях в северо-западной части Каспийского моря ранней осенью 2013-2014 гг.

На картах, характеризующих пространственное распределение тяжелых металлов в воде и донных отложениях северо-западной части моря в 2014 году (рис. 11-18) видно, что в условиях уменьшения объема речного стока и, соответственно, поступления металлов в море с речными водами, их распределение приобрело «пятнистый» характер. В 2014 году в нем почти не прослеживался, как это было ранее, основной путь миграции тяжелых металлов, направленный от дельты Волги в глубоководную котловину Среднего Каспия. На круговых диаграммах, характеризующих распределение тяжелых металлов в донных отложениях по периметру РСНП, этот путь миграции отражается в виде овала, вытянутого в направлении с севера на юг. На рис. 26 видно, что в 2014 г. по сравнению с предыдущим годом, распределение тяжелых металлов, за исключением железа, утратило «овальные» черты. При этом карты пространственного распределения тяжелых металлов (рис. 11-18) указывают на различные, порой сочетаемые друг с другом пути их поступления в водную среду: с сопредельной акватории (Ni, Pb), из наземных источников (Zn, Hg) и донных отложений (Mn, Cu, Cd). Типичный путь миграции (Волжская бороздина – Терско-Сулакское взморье – Дербентская котловина) прослеживается только в распределении железа в донных отложениях.

В табл. 25 приведены данные о содержании полициклических ароматических углеводородов и стойких хлорорганических соединений (ХОП и ПХБ) и фталатов в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 гг. Из этих данных следует, что концентрация ПАУ и ПХБ в донных отложениях в 2014 г. была выше, чем в предыдущем году, но ниже, чем в 2012 г. Уровень содержания фталатов в донных отложениях в 2014 г. снизился относительно двух предыдущих лет. В 2014 г. зарегистрировано повышение концентрации хлорорганических пестицидов в донных отложениях (ДДТ, ГХЦГ, гексахлорбензола), при этом оно носило локальный характер и коснулось только Терско-Сулакского взморья, где осенью 2014 г. была зарегистрирована наибольшая концентрация илистых частиц в донных отложениях. Соотношение ДДТ и его метаболитов (ДДД и ДДЕ) указывает на относительно «свежее» загрязнение донных отложений данными хлорорганическими пестицидами.

**Таблица 25**

Содержание углеводородов (ПАУ) и СОЗ (ПХБ и ХОП) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря в 2012-2014 гг.

Загрязняющее вещество	Сентябрь - октябрь 2012 г.	Ноябрь - декабрь 2012 г.	Сентябрь - октябрь 2013 г.	Август-декабрь 2014 г.
Сумма ПАУ, мкг/кг	2,4-242	17,3-699	<0,03-309	<0,03-531
Сумма ПХБ, мкг/кг	<0,03-6,70	0,35-10,8	<0,03-2,12	0,10-2,50
Сумма ХОП, мкг/кг	<0,03-1,06	<0,03-4,87	<0,03-2,04	<0,03-8,70
Гексахлорбензол, мкг/кг	<0,03-0,2	<0,03-0,25	<0,03-0,3	<0,03-0,40
Сумма ДДТ, мкг/кг	<0,03-1,15	<0,03-4,72	0,11-1,74	<0,03-6,50
Сумма ГХЦГ, мкг/кг	<0,05	<0,05	<0,05-0,21	<0,05-1,80
Фталаты, мкг/кг	380-3920		130-17210	70-2320

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

## Заклучение

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2014 г. 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 2014 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 106 морских пунктах (океанографических станциях) (рис. 1 и табл. 1). Экспедиционный сезон начался в августе, а окончился в декабре 2014 г.

Как и в прошлом году, большое место было уделено проведению наблюдений за состоянием и загрязнением морской среды на морской границе российского сектора и станциях международной программы мониторинга Каспийского моря. В 2014 году были продолжены экспериментальные работы по расчету трансграничного переноса загрязняющих веществ использованием оперативной гидродинамической модели и с учетом реальных гидрометеорологических и гидрохимических условий.

Сток Волги, составивший в 2014 г. 212 куб. км, оказался существенно ниже, чем в 2013 г. (257 куб. км ) и 2012 г. (230 куб км). Маловодье почти не повлияло на распределение солености в северо-западной части моря, потому что осенью активизировалась циклоническая циркуляция вод в Среднем Каспии, распространившаяся на глубоководную часть Северного Каспия. Вследствие этого в прибрежных районах наблюдалось опреснение вод, а осолонение было ощутимым только в районе адвекции среднекаспийских вод над склоном Мангышлакского порога.

Исследованиями, выполненными в 2014 г., подтверждено, что общая картина распределения различных гранулометрических фракций в донных отложениях РСНП год от года практически не меняется. Ракуша доминирует в открытой части моря (за исключением глубоководной котловины Среднего Каспия) и в южной части Дагестанского шельфа. Крупный песок аккумулируется в северо-восточном и юго-западном секторах акватории. Донные отложения, сложенные мелким песком и алевритом, тяготеют к мелководным районам западной части Северного Каспия. В пределах рассматриваемой акватории четко выделяются три района, в которых идет накопление пелитов и органического вещества: Волжская бороздина, северная часть Дагестанского шельфа и Дербентская котловина.

В то же время для рассматриваемой акватории характерна активная динамика донных наносов, которая проявляется во временных колебаниях содержания той или иной фракции в донных отложениях. В 2014 г. по сравнению с предыдущим годом резко возросла доля алеврита в донных отложениях Северного Каспия (за счет снижения доли крупного песка) и доля пелита в донных отложениях прибрежных районов Среднего Каспия (за счет снижения доли мелкого песка). Кроме того, в 2014 г. наибольшее содержание пелита и ОВ наблюдалось не в терминальной зоне их аккумуляции (Дербентская котловина), как это было ранее, а в транзитных зонах (пелита на Дагестанском шельфе, а ОВ – в Волжской бороздине).

Средняя концентрация нефтепродуктов в водах северо-западной части Каспийского моря в 2014 году снизилась по сравнению с двумя предыдущими годами (до уровня ниже 1 ПДК), при этом изменился характер их пространственного распределения. Скорее всего, это снижение было обусловлено уменьшением поступления нефтепродуктов с волжским стоком в условиях маловодья – в отличие от предыдущих лет зона с повышенной концентрацией не вышла за пределы мелководной части взморья Волги. В этих условиях основным источником загрязнения нефтепродуктами северо-западной части моря явилась адвекция морских вод из восточной части Среднего Каспия, уровень загрязненности которых нефтепродуктами был относительно высок (до 2-х ПДК).

В 2014 году зарегистрировано повышение средней концентрации СПАВ в водах северо-западной части Каспийского моря, но это повышение коснулось только прибрежных районов Среднего Каспия, тогда как в водах Северного Каспия концентрация СПАВ, наоборот, снизилась. Возможно, что вместе с уменьшением поступления СПАВ с волжским стоком в 2014 году увеличилось их поступление из наземных источников, расположенных на Дагестанском побережье.

В 2014 году по сравнению с двумя предыдущими годами в водах северо-западной части моря снизилась концентрация железа, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация кадмия и ртути, а концентрация марганца и свинца сохранилась на предыдущем уровне. В донных отложениях снизилась концентрация марганца, цинка, никеля и меди, повысилась концентрация свинца, кадмия и ртути, а концентрация железа сохранилась на предыдущем уровне. Концентрация трех тяжелых металлов (железа, никеля и меди) в морской воде превысила ПДК для рыбохозяйственных водоемов, это объясняется специфическими геохимическими условиями акватории РСНП, которая принимает основную часть поверхностного водного и химического стока, поступающего в данный водоем.

В условиях уменьшения объема речного стока и, соответственно, поступления металлов в море с речными водами, их распределение приобрело «пятнистый» характер. В 2014 году в нем почти не прослеживался, как это было ранее, основной путь миграции тяжелых металлов, направленный от дельты Волги в Дербентскую котловину. Характер пространственного распределения тяжелых металлов указывает на различные пути их поступления в водную среду: с сопредельной акватории, из наземных источников и донных отложений. Типичный путь миграции (Волжская бороздина – Терско-Сулакское взморье – Дербентская котловина) нашел отражение только в распределении железа в донных отложениях.

Концентрация большинства супертоксикантов (ПАУ, ПХБ и фталатов) в донных отложениях северо-западной части моря в 2014 г. не превысила уровня, зарегистрированного в 2012-2013 гг. Исключением стали хлорорганические пестициды (ДДТ, ГХЦГ, гексахлорбензол) уровень загрязнения которыми донных отложений повысился. Загрязнение ХОП носило локальный характер и коснулось только Терско-Сулакского взморья, где осенью 2014 г. была зарегистрирована наибольшая концентрация илистых частиц в донных отложениях. При этом соотношение ДДТ и его метаболитов (ДДД и ДДЕ) указывает на относительно «свежее» загрязнение донных отложений хлорорганическими пестицидами.

Результаты исследований, выполненных в 2014 году, подтверждают выводы, сделанные в предыдущем обзоре о том, что загрязняющие вещества (ЗВ), попавшие в Каспийское море с речным стоком и с трансграничными водами, вовлекаются здесь в различные физико-химические и биогеохимические процессы. При этом масса ЗВ, вовлеченная в эти процессы, во много раз больше массы ЗВ, ежегодно поступающих в море.

Для комплексной оценки загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря в 2014 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; 2) оценки аккумуляции; 3) оценки нагрузки. Согласно ансамблевой оценке рассматриваемая акватория в основном оценивается как умеренно-загрязненная и чистая.

Комплексная оценка качества вод проводилась с использованием индекса загрязнения морских вод (ИЗВ). В 2014 г. морская вода в северо-западной части Каспийского моря преимущественно оценивалась как чистая, в отдельных районах – как умеренно загрязненная. По сравнению с предыдущими годами качество морских вод в 2014 г. улучшилось.

В 2014 году КаспМНИЦ продолжил исследования трансграничного переноса загрязняющих веществ по данным мониторинга загрязнения морских вод в связке результатами моделирования поля течений с учетом реальной погоды. Для расчетов был выбран разрез «Южный», разграничивающий российский и азербайджанский сектора. Расчет трансграничного переноса, характеризовавшегося 4 параметрами (суммарным переносом, оттоком, притоком и результирующим переносом), осуществлялся в отношении 9 загрязняющих веществ. Суммарный перенос ЗВ был наиболее интенсивным в восточной и западной частях разреза «Южный», а его величина, как правило, снижалась с глубиной. При этом в слое 10-100 м в основном наблюдался отток ЗВ, в слое 150-200 м – приток, а в слоях 0-10 и 100-150 м – как приток, так и отток ЗВ.

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.

## **Introduction**

The study of the state and pollution of the marine environment of the Caspian Sea north-western part in 2014 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 the 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 on 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 the stations located along the RSMS perimeter and the 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.

In 2014, in contrast to the two previous years, the observations at the stations indicated by the "Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012 - 2014" were carried out only once and were long-extended (from August to December). Alongside with this, a large scope of laboratory research was implemented. As well as in 2013, FSBI "KaspMNIZ" provided research and technical support of the monitoring activities in compliance with the contract concluded with FSBI "North Caucasian Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring".

This review summarizes main results of the research implemented in 2014. The Review consists of several sections. The first section covers the information on management and implementation of activities. These sections are followed by the 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 the integrated assessment of marine environmental pollution and the results of the special research implemented in 2014 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 2014, 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 106 marine observation points (oceanographic stations) (Fig. 1 and Table 1).

The field survey of 2014 started in late August and lasted to late December. It consisted of 3 research stages: The first stage, which comprised research activities in the open part of the North Caspian, covered the period starting from August 22 to September 9. The second stage which lasted from October 10 to October 26 comprised the research activities in the coastal area of the North and the Middle Caspian. The third stage which lasted from December 11 to December 23 covered the activities in the coastal and the open sectors of the Middle Caspian.

With account of physiographic features and to distribute research activities between Astrakhan and Dagestan hydrometeorological centres, RSMS water area was subdivided into two areas of responsibility with the purpose of transboundary water bodies monitoring: 1) Astrakhan HMC carried out the monitoring in the Volga estuary and in the open part of the Caspian Sea; 2) Dagestan HMC monitored the estuaries of the Terek and the Sulak (including the Kizlyar Bay) and the coastal and open sectors of the Middle Caspian.

The field operations at all the stations (with the exception of 9 stations in the Volga estuary) were carried out by the research vessel "Tantal", which belongs to Roshydromet and is equipped with all the instruments required for field work in the Caspian Sea water area (satellite navigation system, meteorological station, hydrological hoisting device, sampling tools and tools for 1-day chemical analysis).

All meteorological, hydrological and hydrochemical observations as well as sampling of water and bottom sediments 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.

The chemical analysis of the water samples taken in the area of responsibility of Astrakhan HMC for biogenous elements and the 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.

The 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 the 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 and bottom sediments 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 (AHC, 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 the surface water layer. The lithological and chemical observations were carried out at all points. All water samples were analyzed for non-persistent organic pollutants and heavy metals. Bottom sediment samples taken at the stations of the International Monitoring Programme, as well as random samples, were analyzed 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 the joint efforts of FSBI "KaspMNIZ" and FSBI "SOI" and edited by S.Monakhov - Director of FSBI "KaspMNIZ", PhD. in Geography.

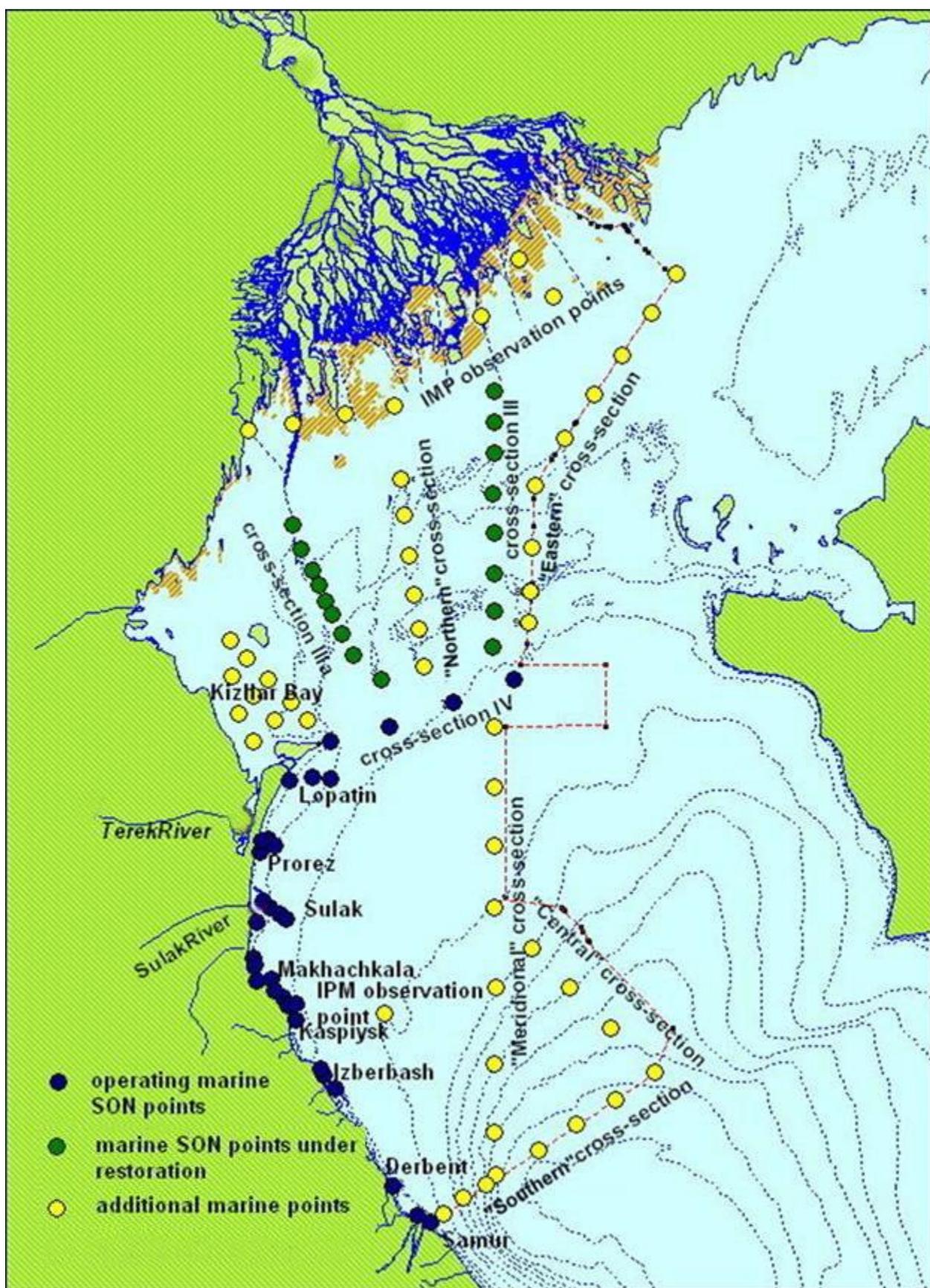


Fig. 1 Location map of observation points of state and pollution of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2014

Table 1

List of areas and observation points of state and pollution of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2014

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. 9 ip)	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'

End of table 1

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	1-5
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	25-675

## 2 Hydrological and hydrochemical conditions

### *Water temperature*

The spatial variability of water temperature had a wide range of values as a result of the long field survey in 2014. The temperature of the surface water layer varied from 8 to 27°C, while that of the near-bottom layer ranged from 6 to 24 °C (Table 3).

The temperature of the surface water layer reached 29°C, and that of the near-bottom layer - 28°C in the open part of the North Caspian, where observations were held in August and September and the weather was hot and dry. A cold West-Siberian cyclone quickly cooled the water in October. It caused the air temperature in the coastal land areas of the North Caspian to fall below zero. As a result, the water temperature in the coastal sea areas made 11-14 °C on the surface and 11-15°C in the near-bottom layer.

The field survey in the open part of the Middle Caspian was implemented in December, the weather being relatively warm for the season. Water temperature measured 8°C on the surface and 6°C in the near-bottom layer. The temporal changes of water temperature affected its spatial distribution presented on Fig. 2 as a result of the long field survey duration.

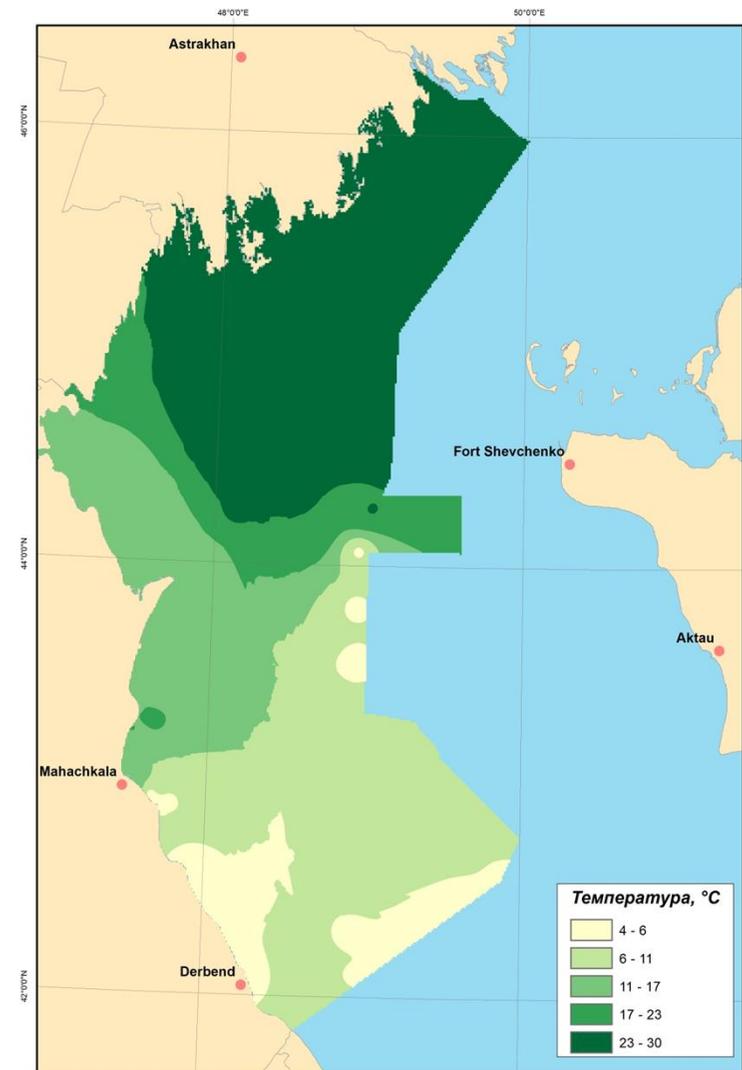
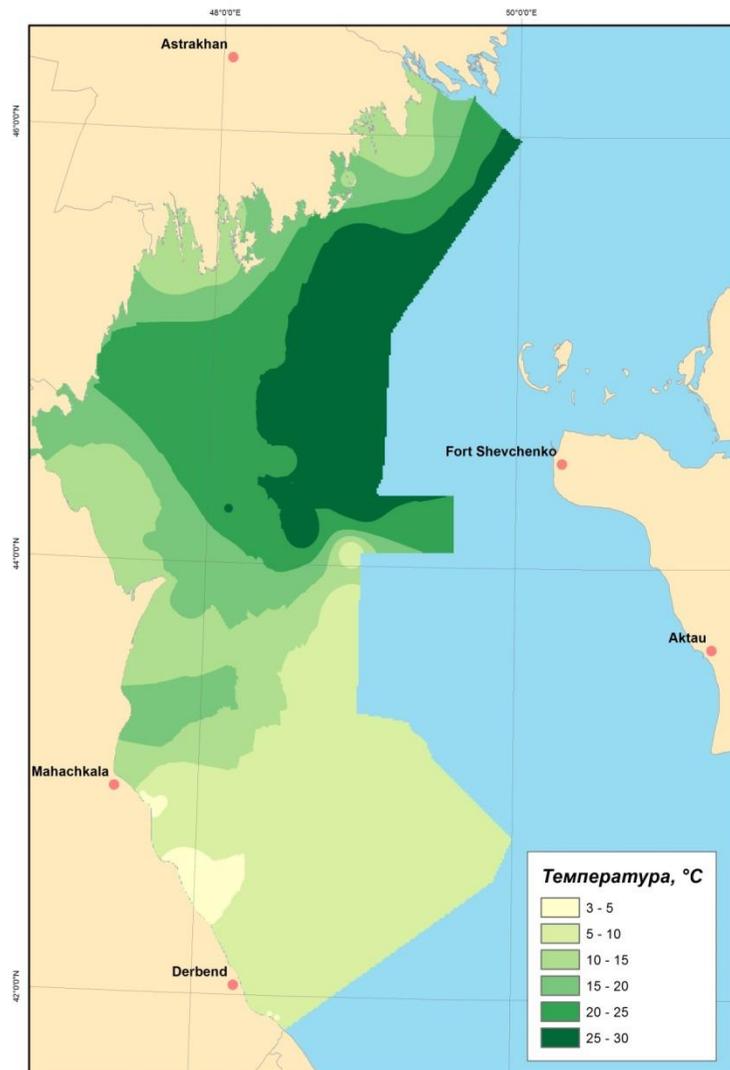
### *Water salinity*

The spatial distribution of water salinity in the north-western part of the sea is quite homogeneous and stable: the salinity rises southwards and in the direction from the coast to the sea. This is conditioned by the fact that the Russian coast contributes a greater part of the surface runoff, and the riverine water mixes with the marine water and drifts along the shore southwards. The spatial distribution of salinity observed throughout the field trip in 2014 (Fig. 3) was not an exception. The salinity of the surface water layer in the RSMS varied from 0.34 to 12.9 ‰, and that of the near-bottom layer ranged from 2.57 to 13.10 ‰ (Table 3). One should note the wide range of salinity variability in the RSMS in 2014, which covered almost all the range of salinity changes in the Caspian Sea.

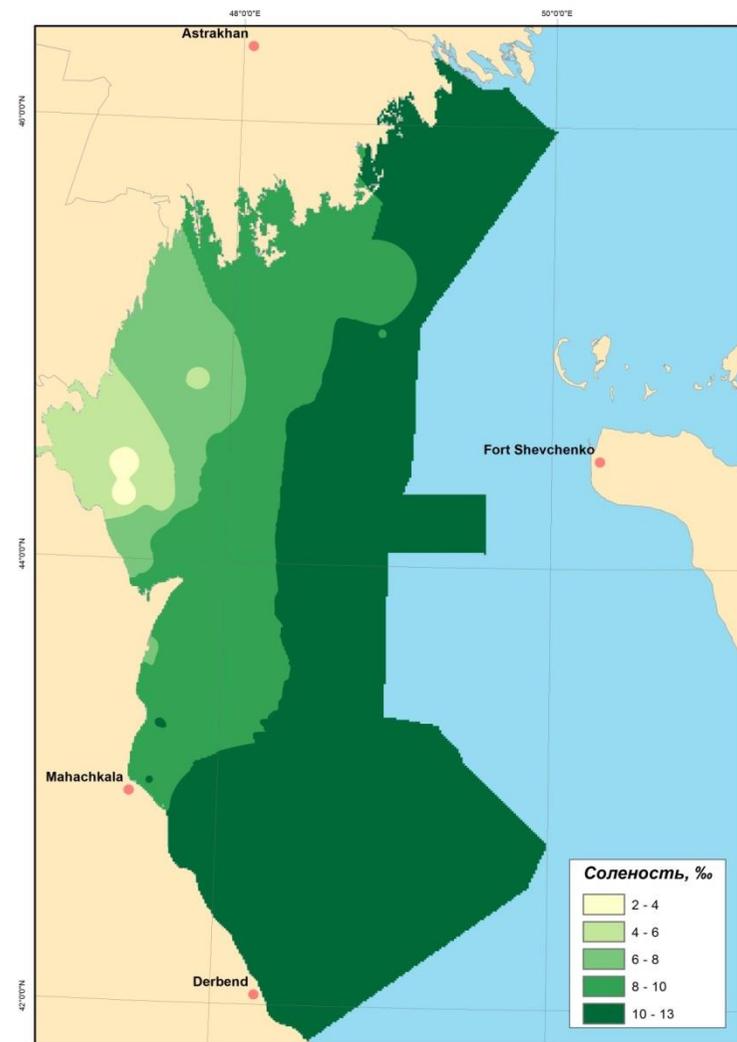
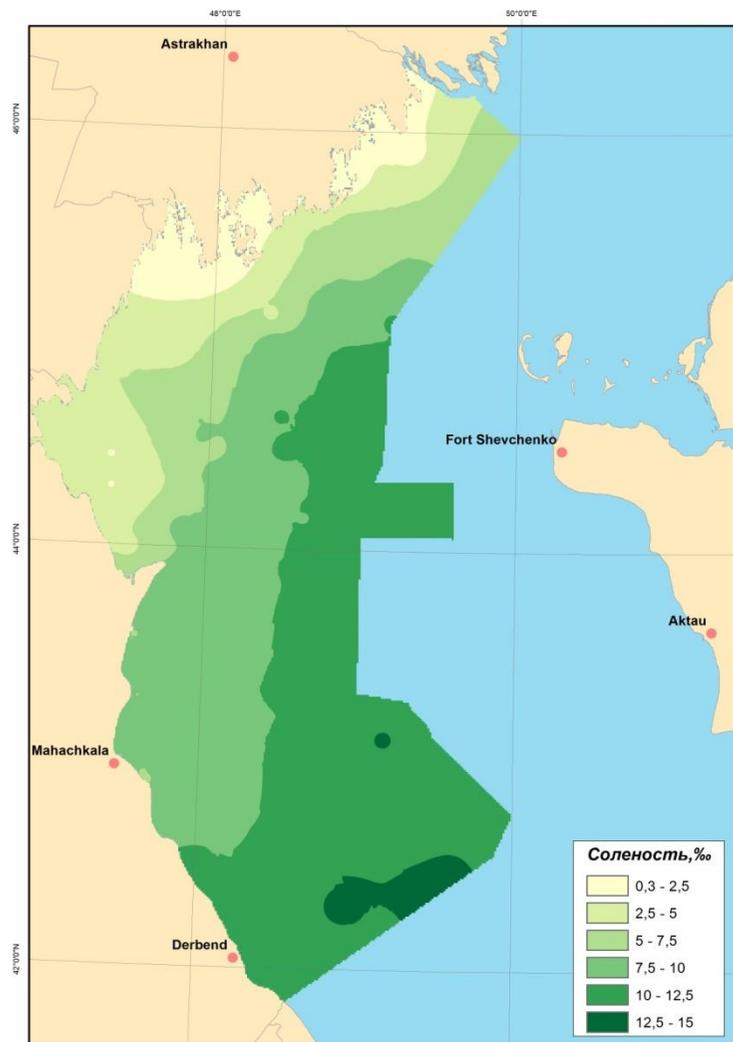
**Table 3**

Water temperature and salinity in the north-western part of the Caspian Sea in 2014

Areas		Water temperature, °C			Water salinity, ‰		
Sea sector	Water area	mean	max	min	mean	max	min
Surface layer							
<b>North Caspian</b>	Coastal	13.5	15.5	9.70	3.02	8.31	0.34
	Open	26.5	29.1	24.2	8.90	10.5	7.04
<b>Middle Caspian</b>	Coastal	10.8	17.8	3.80	8.46	11.5	3.66
	Open	7.98	9.40	5.00	12.2	12.9	11.4
Bottom layer							
<b>North Caspian</b>	Coastal	14.5	16.5	12.9	6.72	9.91	2.57
	Open	25.3	28.6	22.0	9.72	12.8	7.25
<b>Middle Caspian</b>	Coastal	11.1	17.8	4.00	10.0	12.0	5.39
	Open	6.13	9.10	4.40	12.5	13.1	11.2



**Fig. 2** Spatial distribution of water temperature (surface layer on the left, near-bottom layer on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014, degrees Celsius.



**Fig. 3** Spatial distribution of water salinity (surface layer on the left, near-bottom layer on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014, ‰

### *Dissolved oxygen*

The oxygen conditions in the north-western sea part in 2014 were quite favourable for marine life (Table 4). The horizontal distribution of dissolved oxygen was affected by water temperature and production and destruction processes, while the horizontal distribution was influenced by water stratification. As a result the spatial distribution was varied (Fig. 4).

No hypoxic zones were identified in productive areas; oxygen deficit was registered in the near-bottom layer of the open part of the Middle Caspian, and oxygen was completely absent at the depths exceeding 600 m (the fact is to be proved).

Oxygen concentration in water peaked in the coastal area of the Middle Caspian, which was studied in late autumn (as a result of increased oxygen solubility and increased wind-induced circulation). Oxygen concentration was relatively low in the open part of the North Caspian under the conditions of higher water temperature. It resulted from decreased oxygen solubility as it was consumed by microorganisms in the process of organic matter destruction.

### *pH*

The pH value of marine water is affected by the content of dissolved gases and organic matter. It is also dependent on the status of the carbonate system. The pH value of sea water in the RSMS in 2014 ranged from 7.64 to 8.41 in the surface layer and from 8.20 to 8.41 in the near-bottom layer (Table 4).

The pH values of marine water reached its maximum in the open part of the North Caspian (both in the surface and near-bottom layers). The minimal pH values were registered in the shallow part of the Volga estuary under low salinity conditions (pH of riverine water is lower than that in marine water) and in the near-bottom layer of the deep depression in the Middle Caspian (increased concentration of carbon dioxide in water).

**Table 4**

Dissolved oxygen and pH in the water of the north-western part of the Caspian Sea in 2014

Areas		Dissolved oxygen, mg/l			pH, units		
Sea sector	Water area	mean	max	min	mean	max	min
Surface layer							
<b>North Caspian</b>	coastal	10.3	11.4	9.12	8.16	8.38	7.64
	open	7.63	8.04	7.24	8.44	8.56	8.03
<b>Middle Caspian</b>	coastal	10.5	13.0	8.82	8.26	8.39	8.15
	open	10.7	11.50	4.90	8.28	8.41	8.22
Bottom layer							
<b>North Caspian</b>	coastal	9.34	10.1	7.41	8.25	8.32	8.20
	open	7.59	8.47	6.52	8.45	8.54	8.31
<b>Middle Caspian</b>	coastal	10.2	11.9	8.59	8.27	8.40	8.15
	open	3.79	7.86	0.00	8.14	8.41	7.71

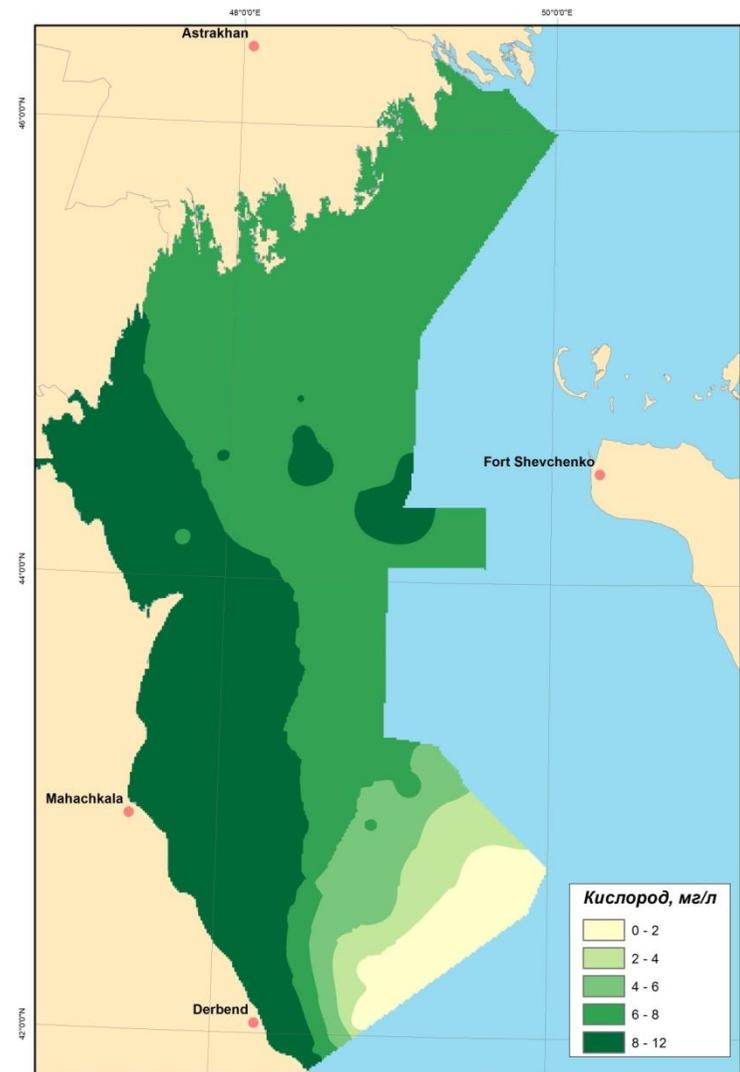
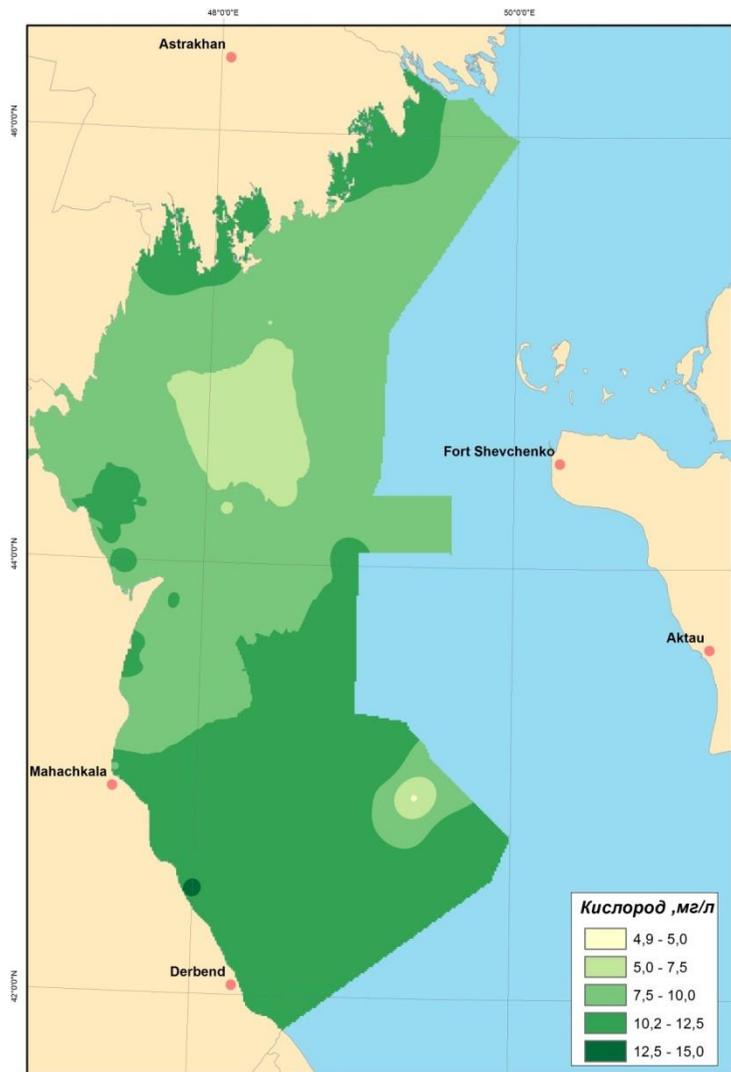
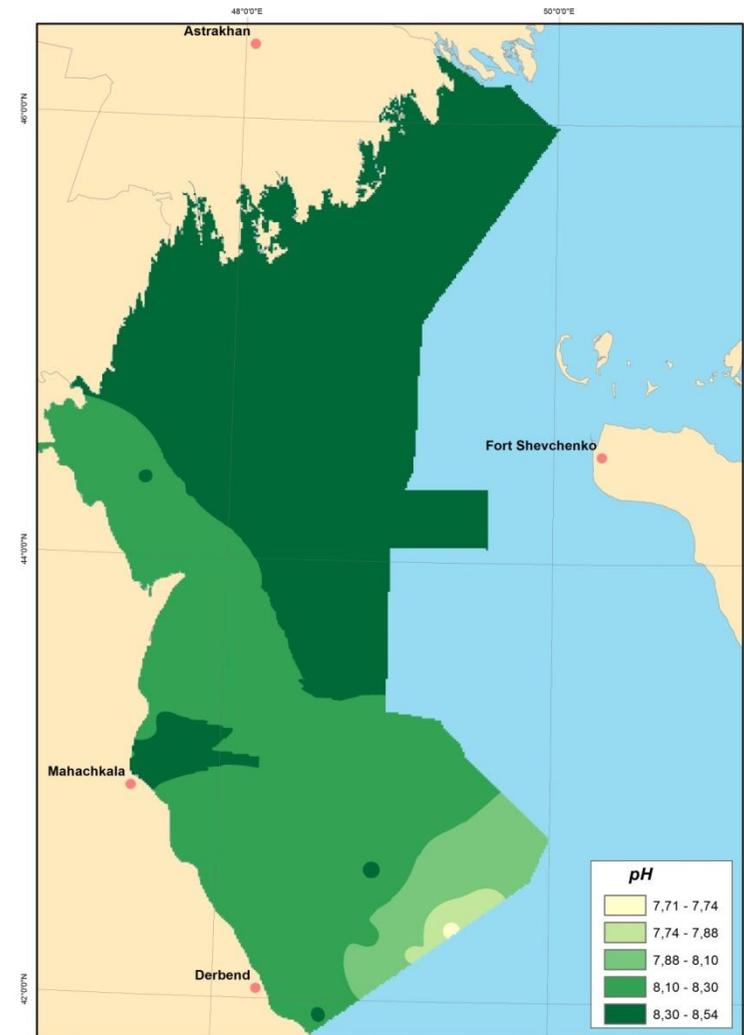
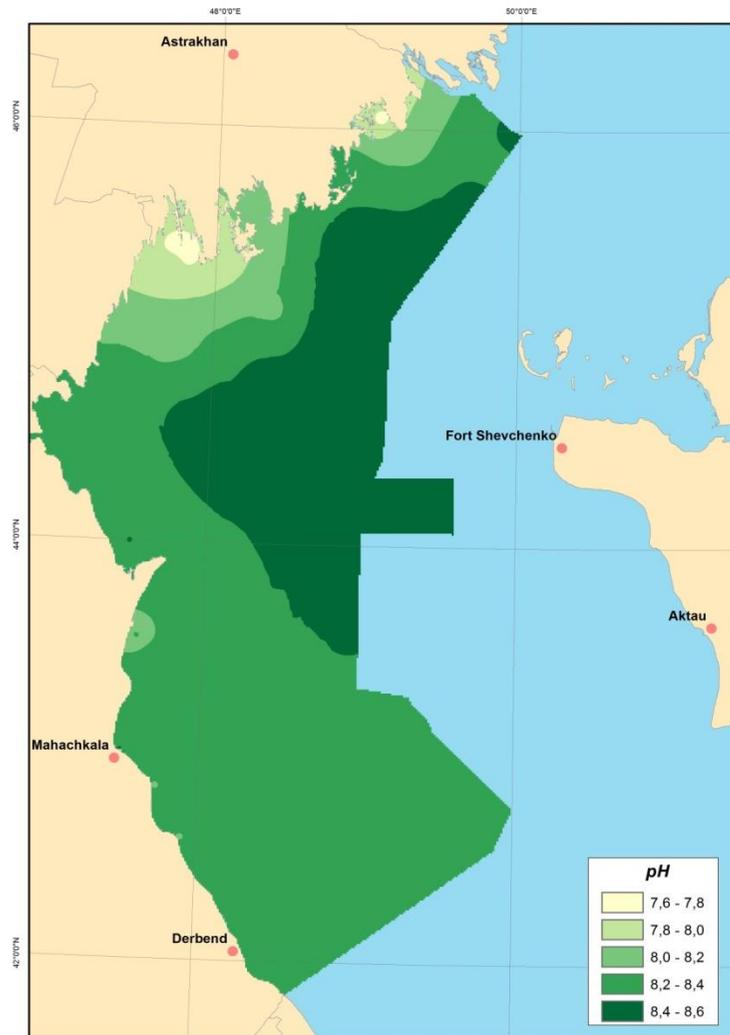


Fig. 4 Spatial distribution of dissolved oxygen (surface layer on the left, near-bottom layer on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014, mg/l



**Fig. 5** Spatial distribution of water pH (surface layer on the left, near-bottom layer on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014, pH units

### 3 Lithological and chemical conditions

#### *Granulometric composition*

In the coastal areas of the North Caspian (the Volga estuary and the Kizlyar Bay) the bottom sediments were mainly constituted by aleurite and pelite (34% each); fine sand made 21%, while coarse fractions constituted not more than 11 % (shell - 4.7, coarse sand - 6.1%) (Table 5). Pelite mainly accumulated in the Kizlyar Bay and in the northern part of the Volga depression. Increased content of aleurite was registered in the central part of the shallow Volga estuarine zone. Fine sand mainly accumulated in the eastern part of the Volga estuary.

In the open part of the North Caspian the bottom sediments were made up of coarse fractions - shell (23%), coarse and fine sand (26% and 25% respectively). Fine fractions - aleurite and pelite were found in smaller quantities (20% and 5%) (Table 5). Coarse fractions generally accumulated in the area of Mangyshlak Threshold which separates the North Caspian from the Middle Caspian. Fine sand and aleurite were for the most part found in the south-western areas.

Pelite dominated in the coastal area of the Middle Caspian constituting 54%. Other fractions were distributed evenly and accounted for 9-14% (Table 5). Silt prevailed in the northern part of Dagestan shelf, where its content reached 95% (Fig. 8). Aleurite fraction concentrated off Makhachkala coast. Fine sand was evenly distributed in the bottom sediments. Coarse fractions accumulated in the sector from Kaspiysk to Derbent (Fig. 6).

Pelite prevailed in the bottom sediments of the open part of the Middle Caspian, where its content made on average 51%. Almost a third of bottom sediments was made up of shell (28%), and the content of other fractions did not exceed 10% (Table 5). Silt dominated in the southern part of the sector, where its content reached 98% at some stations. Aleurite and fine sand were distributed evenly (Fig. 7). Coarse fractions accumulated in the north-eastern and south-eastern areas, where their content could reach 85%.

The general pattern of granulometric fraction distribution in the bottom sediments of RSMS is mainly unvaried. Shell prevails in the open sea part with the exception of the deep depression in the Middle Caspian and in the southern part of Dagestan shelf (Fig. 6). Coarse sand accumulated in the area of water exchange between the eastern and the western sectors of the North Caspian and in the southern part of Dagestan shelf (Fig. 6). Bottom sediments made up of fine sand and aleurite are typical of shallow areas of the western part of the North Caspian (Fig. 7). Within the considered water area, pelite aggregates in three sectors: the Volga depression, the northern part of Dagestan shelf and the deep depression of the Middle Caspian (Fig. 8).

The water area under study can be described by the active dynamics of bottom sediments. It can be seen in temporal fluctuations of fractions content. Thus, in the autumn of 2014 pelite concentration in the bottom sediments of the Terek - Sulak estuarine area was unusually high (even higher than in the bottom sediments of the Derbent depression).

#### *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 in the Derbent basin, and in the North Caspian - in the Volga depression (Fig. 8).

Table 5

The content of different granulometric fractions and organic matter in bottom sediments of the north- western part of the Caspian Sea in 2014, %

Area		concentration		
Sea sector	Water area	mean	max	min
Shell (particle size more than 1.6 mm)				
North Caspian	coastal	4.69	19.0	0.00
	open	23.2	74.3	0.00
Middle Caspian	coastal	14.0	79.6	0.00
	open	27.7	85.3	0.00
Coarse sand (1.6 - 0.4 mm)				
North Caspian	coastal	6.13	19.4	0.43
	open	26.3	74.4	1.11
Middle Caspian	coastal	12.8	55.5	0.10
	open	7.94	33.6	1.08
Fine sand (0.4 - 0.1 mm)				
North Caspian	coastal	21.0	61.2	2.08
	open	25.1	76.2	1.22
Middle Caspian	coastal	6.19	36.9	0.16
	open	4.49	27.6	0.63
Aleurite (0.1 - 0.063 mm)				
North Caspian	coastal	34.2	79.0	8.10
	open	20.0	52.2	0.29
Middle Caspian	coastal	13.1	89.0	0.04
	open	8.67	61.7	0.24
Pelite (less than 0.063 mm)				
North Caspian	coastal	34.0	87.9	1.26
	open	5.45	72.9	0.00
Middle Caspian	coastal	53.9	98.8	0.05
	open	51.2	94.4	0.10
Organic matter				
North Caspian	coastal	0.96	2.00	0.15
	open	0.49	4.15	0.08
Middle Caspian	coastal	1.05	2.75	0.03
	open	0.70	2.27	0.06

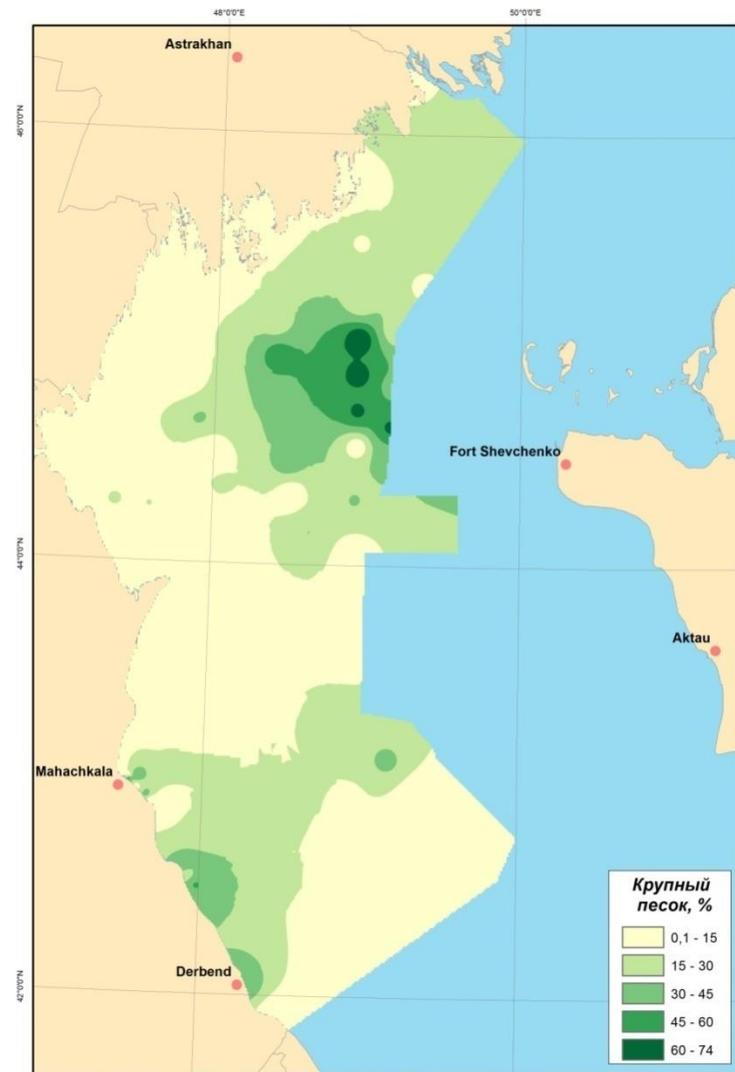
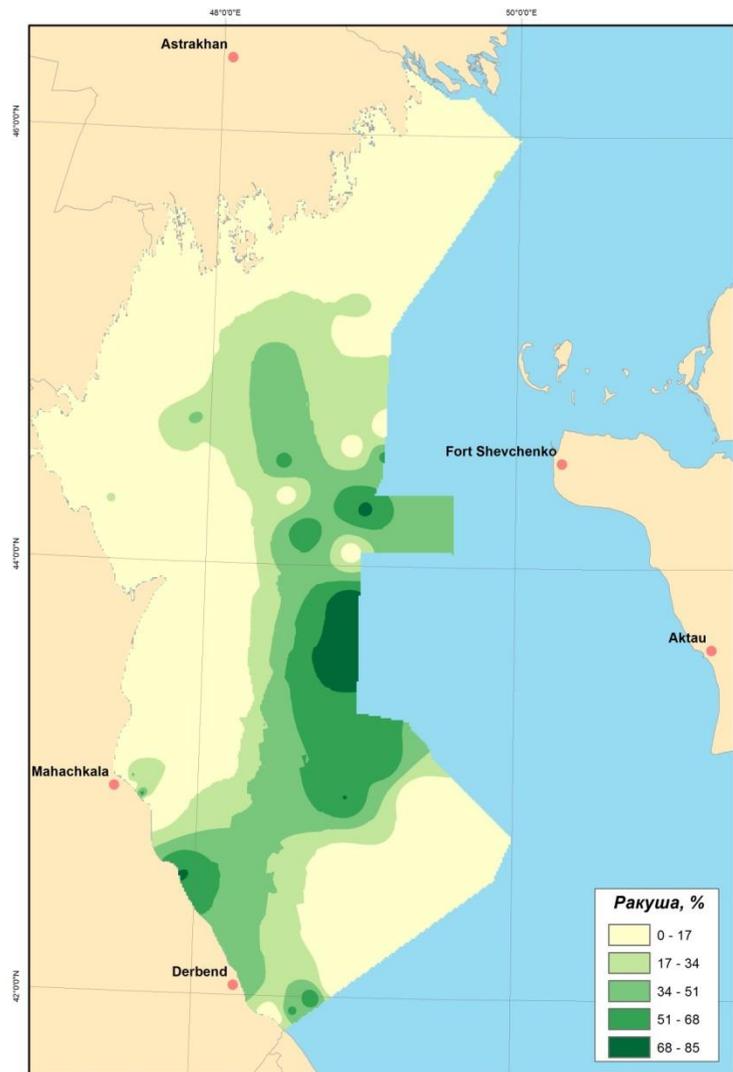


Fig.6 Spatial distribution of shell and coarse sand in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2014, %

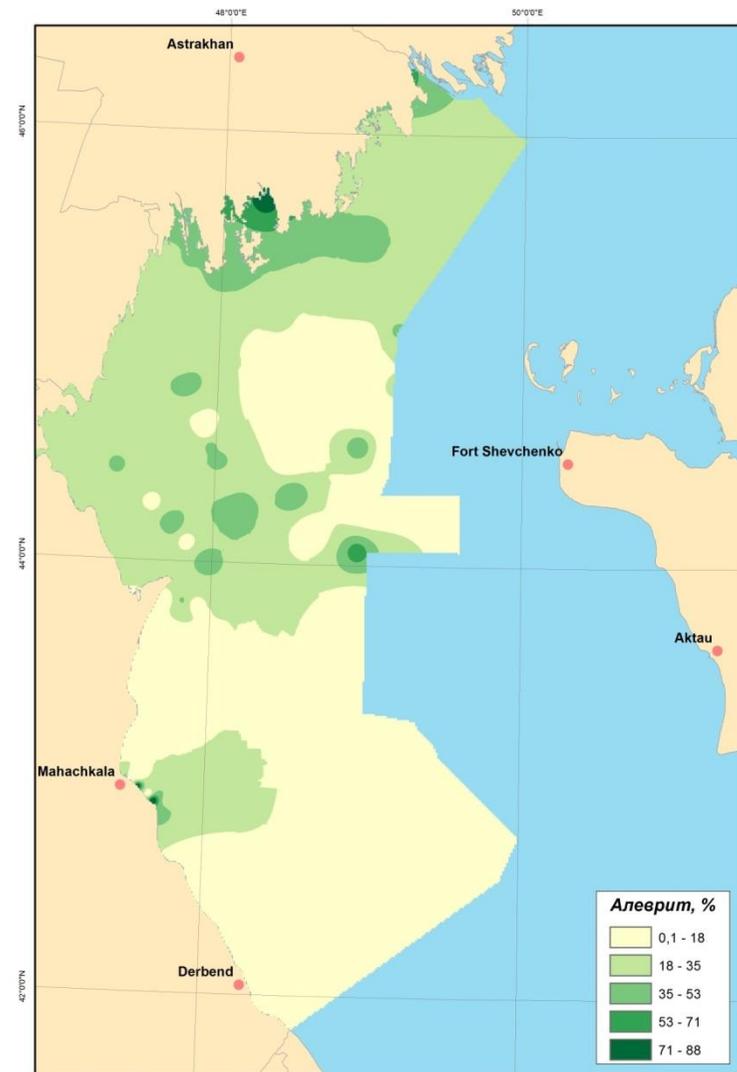
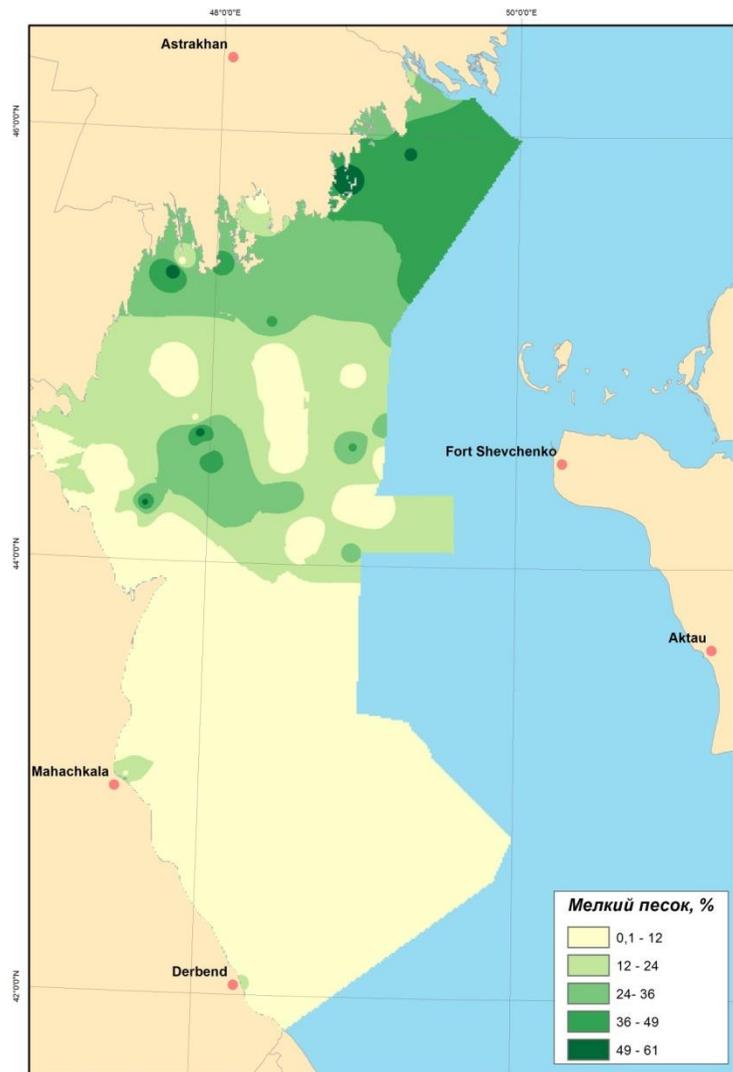
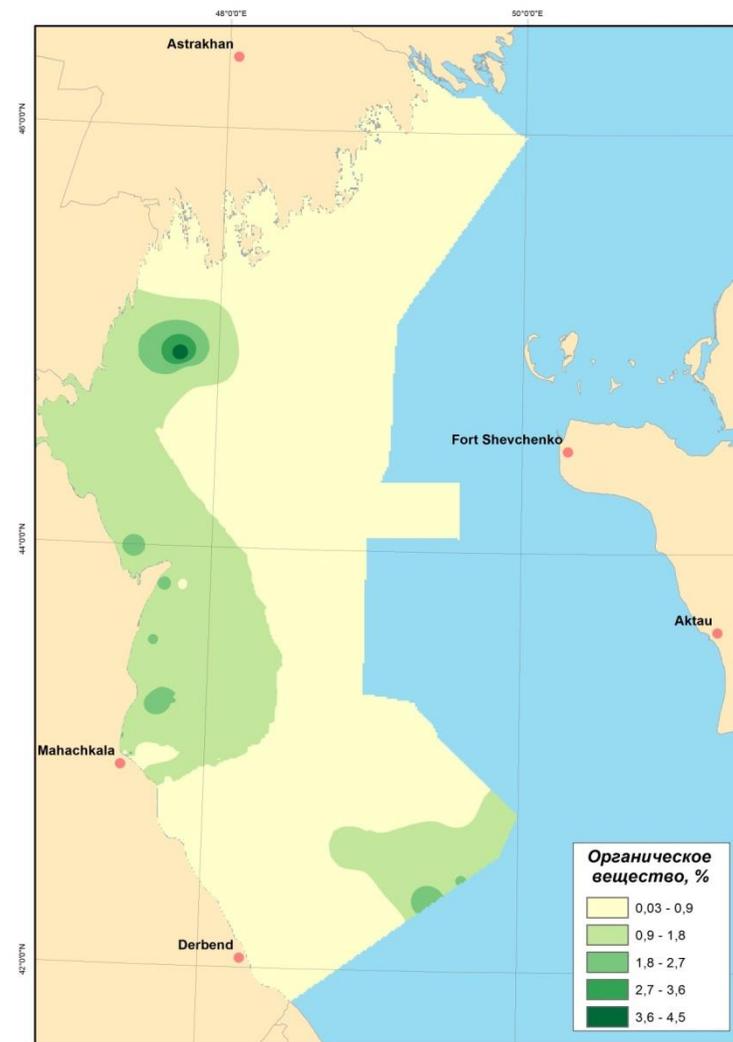
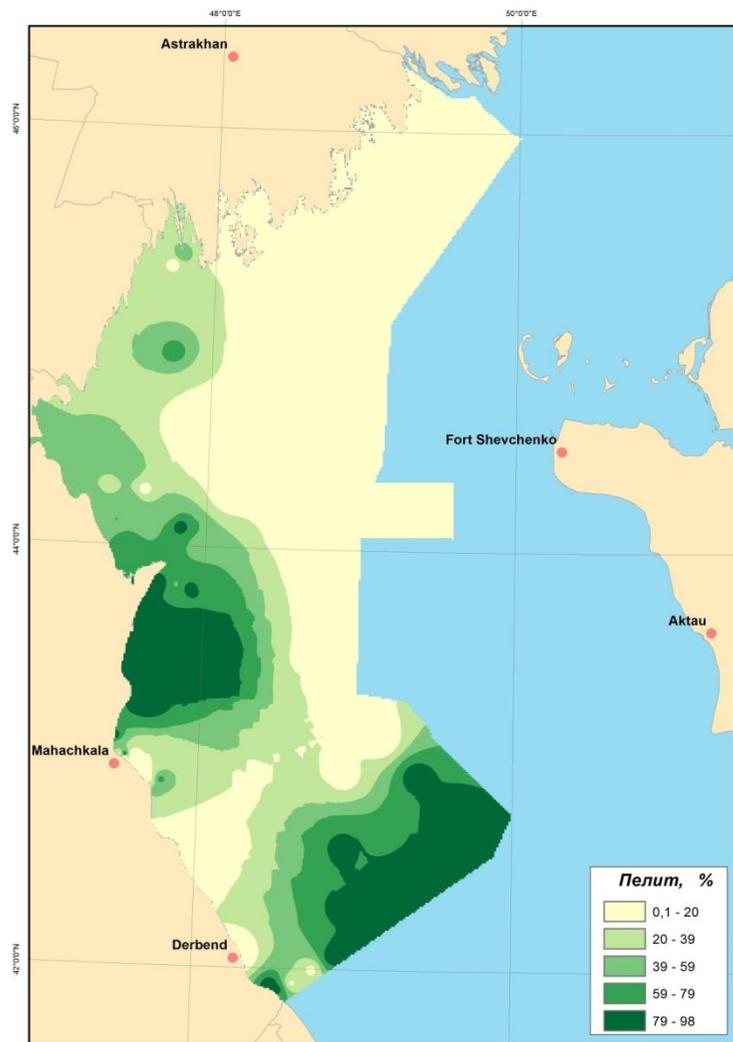


Fig.7 Spatial distribution of fine sand and aleurite in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2014, %



**Fig.8** Spatial distribution of pelite and organic matter in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2014, %

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

##### *Oil products*

During 2014 field trip the concentration of oil products (OP) in the sea areas covered by observations varied from 0 to 0.19 mg/l (Table 6). The mean concentration of oil products in the North Caspian water which stood at 0.06 mg/l (or 1.2 MPC) significantly exceeded that in the Middle Caspian water (0.02 mg/l or 0.4 MPC).

The spatial distribution was characterized by two areas of increased OP concentrations in water: a) shallow part of the Volga coastal estuarine zone; b) middle and eastern parts of the Mangyshlak Threshold (Fig. 9). These two accumulation areas directly point to two sources of oil products entry to the RSMS: the Volga runoff and the advection of polluted water from the Middle Caspian. Judging by the pattern of OP spatial distribution during the field trip of 2014, one can say that the second source was more powerful than the first one.

The concentration of oil products in the bottom sediments of the North Caspian was on the contrary lower than that in the bottom sediments of the Middle Caspian. The spatial distribution of oil products in the bottom sediments of the north-western sea sector in 2014 (Fig.9) confirms the pattern discovered in the course of the monitoring of transboundary water bodies in 2012-2013: the concentrations increased in the areas which accumulate silt sediments, organic matter and oil products (northern part of Dagestan shelf, the Derbent depression).

##### *Synthetic surfactants*

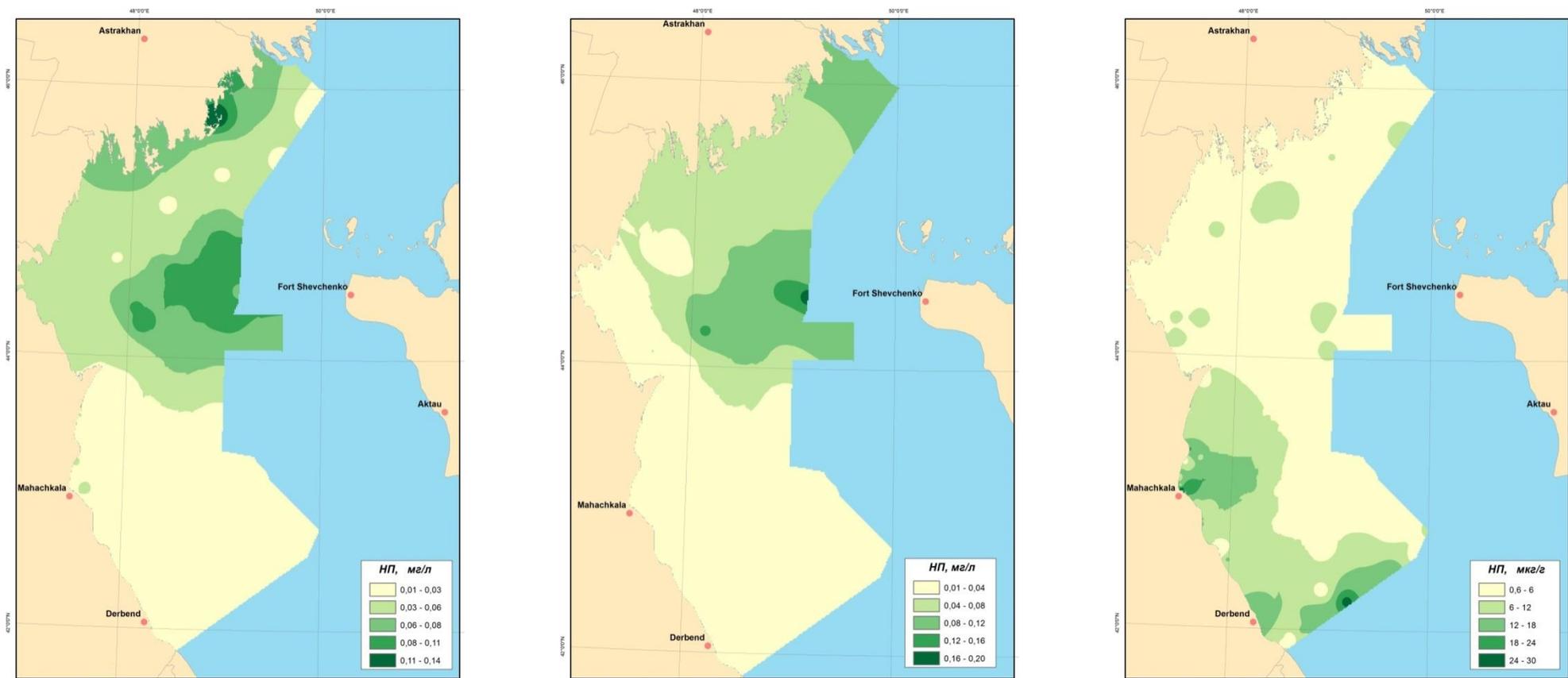
In 2014 the mean concentration of synthetic surfactants in sea water in the merged areas of the north-western sea sector covered by observations made 0.03 - 0.06 mg/l. Maximum concentration values were observed in the coastal area of the Middle Caspian (Table 6). In other areas, increased concentration of synthetic surfactants was observed at some stations (Fig. 10).

The concentration of synthetic surfactants in the bottom sediments measured 3.60 - 4.69 mcg/g. Maximum concentration values were registered in the open part of the Middle Caspian and were linked to the bottom sediments, where coarse fractions prevailed.

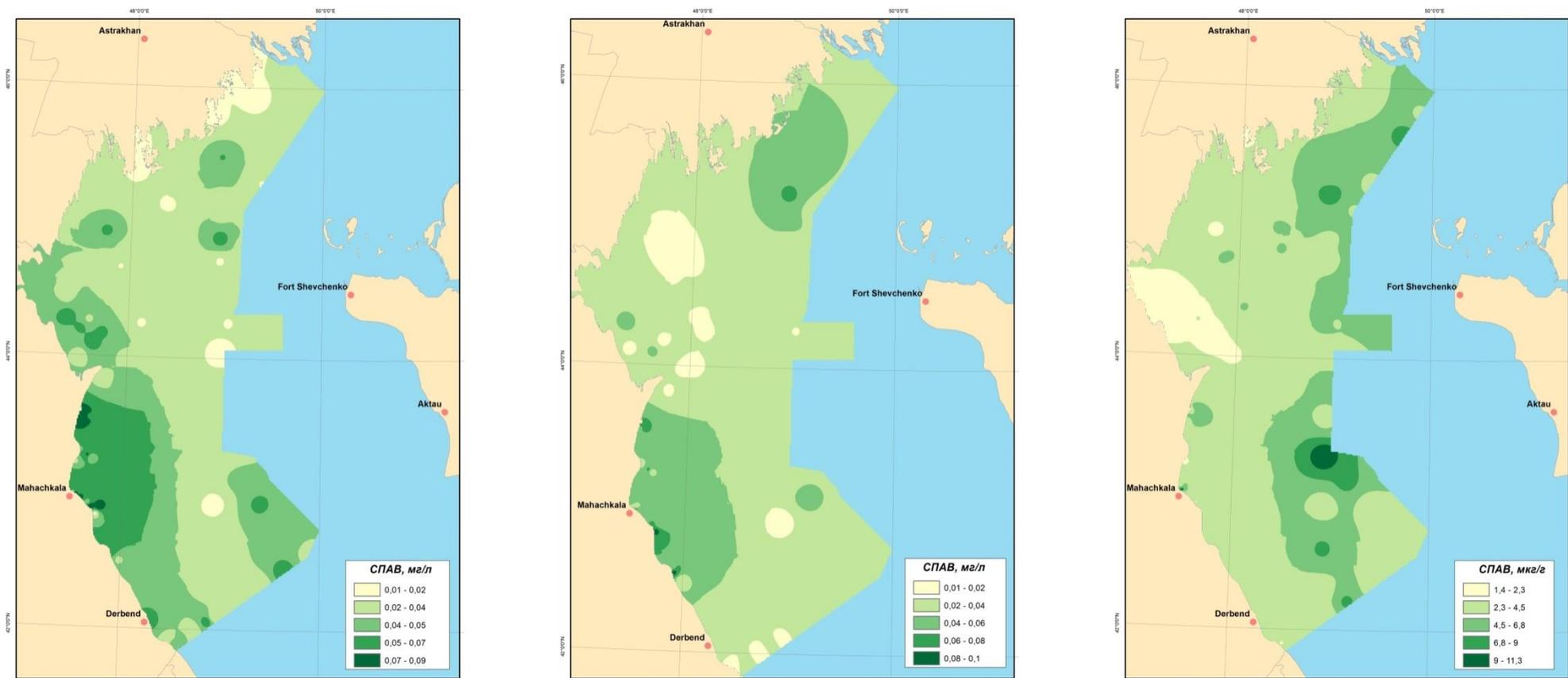
**Table 6**

Concentrations of oil products and synthetic surfactants in water and bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2014, mg/l

Sea sector	Area	Oil products			Synthetic surfactants		
		mean	max	min	mean	max	min
Surface layer, mg/l							
North Caspian	coastal	0.06	0.14	0.03	0.03	0.07	0.01
	open	0.06	0.11	0.00	0.03	0.07	0.01
Middle Caspian	coastal	0.02	0.09	0.01	0.06	0.09	0.01
	open	0.02	0.06	0.01	0.03	0.07	0.01
Surface layer, mg/l							
North Caspian	coastal	0.04	0.04	0.03	0.03	0.05	0.01
	open	0.08	0.19	0.02	0.03	0.07	0.01
Middle Caspian	coastal	0.02	0.03	0.01	0.05	0.09	0.01
	open	0.01	0.05	0.01	0.03	0.05	0.01
Bottom sediments, mcg/g							
North Caspian	coastal	4.65	7.92	0.57	2.52	4.26	1.43
	open	4.82	10.4	1.80	4.53	8.71	1.55
Middle Caspian	coastal	12.4	56.6	1.38	3.60	11.8	1.66
	open	7.99	26.0	2.21	4.69	11.3	2.94



**Fig. 9** Spatial distribution of oil products in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



**Fig. 10** Spatial distribution of synthetic surfactants in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014

### **Heavy metals**

In 2014 the concentration of iron in the water of the north-western sea part varied from 0.04 to 0.13 mg/l. In the open sea part the concentration of iron in water was higher than in the coastal areas, and in the near-bottom layer it was higher than on the surface. Iron concentration in the bottom sediments ranged from 1.6 to 23.3 mg/g; in the Middle Caspian it was much higher than in the North Caspian (Table 7, Figure 11).

In 2014 the concentration of manganese in the water of the north-western sea part varied from 0.2 to 9.5 mcg/l. Higher concentrations were registered in the open part of the North Caspian and the coastal areas of Dagestan. The concentration of manganese, as a rule, was higher in the near-bottom layer. Manganese concentration in the bottom sediments varied from 9.7 to 99.0 mcg/g, and in the Middle Caspian it was significantly higher than in the North Caspian (Table 7, Fig. 12).

In 2014 the concentration of zinc in the water of the north-western sea part varied from 0.4 to 45.8 mcg/l. Higher concentrations were registered in the open part of the North Caspian and the coastal areas of Dagestan. The concentration of zinc, as a rule, was higher in the near-bottom layer. Manganese concentration in the bottom sediments ranged from 3.4 to 84.3 mcg/g, and in the open sea part it was significantly higher than in the coastal areas (Table 7, Fig. 13).

In 2014 the concentration of nickel in the water of the north-western sea part varied from 0.7 to 38.5 mcg/l. In the open sea part the concentration of nickel in water was higher than in the coastal areas, and in the near-bottom layer it was higher than on the surface. The concentration of nickel in the bottom sediments varied from 1.0 to 49.6 mcg/g, and in the Middle Caspian it was significantly higher than in the North Caspian (Table 7, Fig. 14).

In 2014 the concentration of copper in the water of the north-western sea part varied from 0.3 to 18.3 mcg/l. It was much higher in the North Caspian than in the Middle Caspian. The concentration of copper was generally higher in the surface layer. Copper concentration in the bottom sediments varied from 0.5 to 23.7 mcg/g, and in the open part of the North Caspian it was significantly higher than in other merged areas (Table 7, Fig. 15).

In 2014 the concentration of lead in the water of the north-western sea part varied from 0.7 to 17.3 mcg/l. It was much higher in the North Caspian than in the Middle Caspian. The concentration of lead was mainly higher in the near-bottom layer. Lead concentration in the bottom sediments varied from 0.9 to 28.1 mcg/g, and in the coastal areas of the Middle Caspian it was significantly higher than in other merged areas (Table 7, Fig. 16).

In 2014 the concentration of cadmium in the water of the north-western sea part varied from 0.06 to 1.87 mcg/l. In the open sea part the concentration of cadmium in water was higher than in the coastal areas, and in the near-bottom layer it was higher than on the surface. Cadmium concentration in the bottom sediments varied from 0.02 to 0.65 mcg/g, and in the open part of the North Caspian it was significantly higher than in other merged areas (Table 7, Fig. 17).

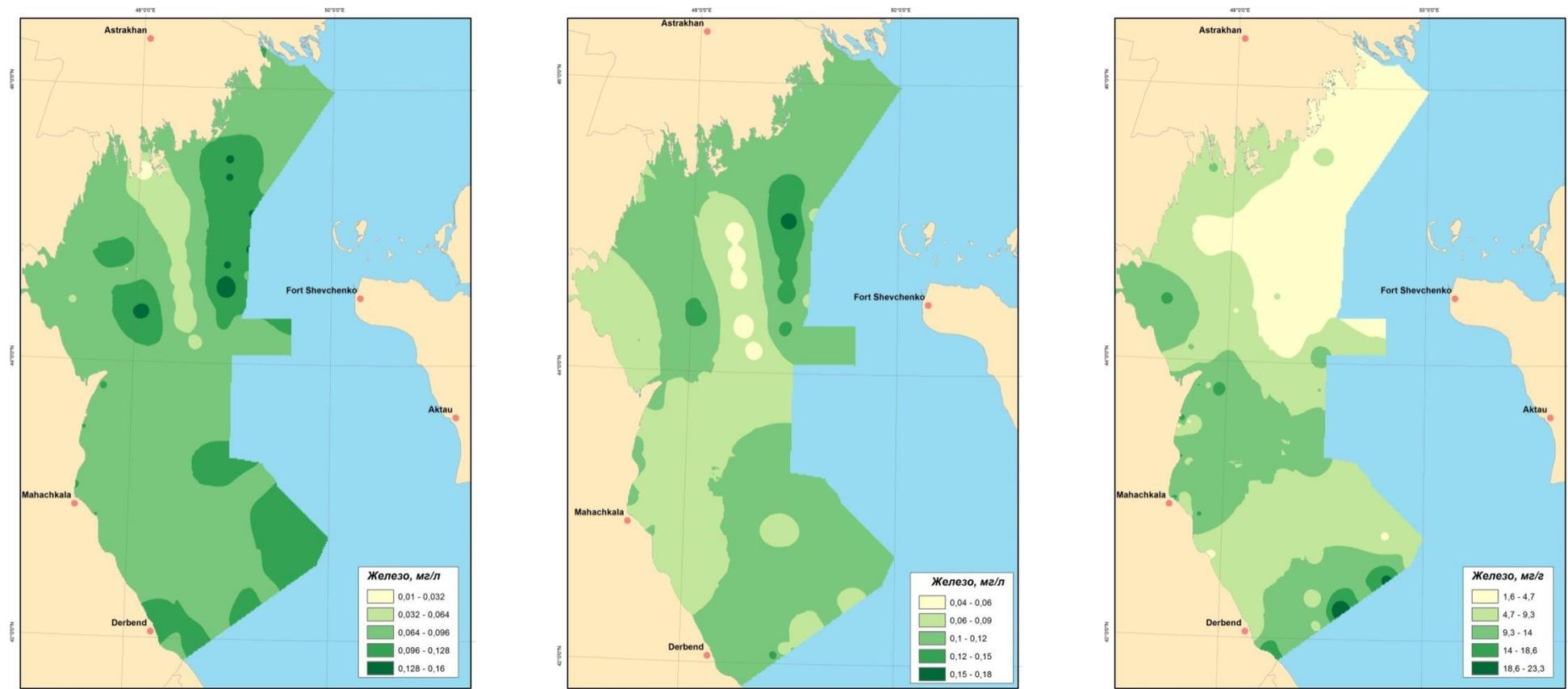
In 2014 the concentration of zinc in the water of the north-western sea part varied from zero to 0.09 mcg/l. Higher concentrations were registered in the open part of the North Caspian and the coastal areas of Dagestan. The distribution of mercury in water was quite homogeneous. The concentration of mercury in the bottom sediments varied from 0.01 to 0.13 mcg/g, and in the Middle Caspian it was significantly higher than in the North Caspian (Table 7, Fig. 18).

In 2014 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.

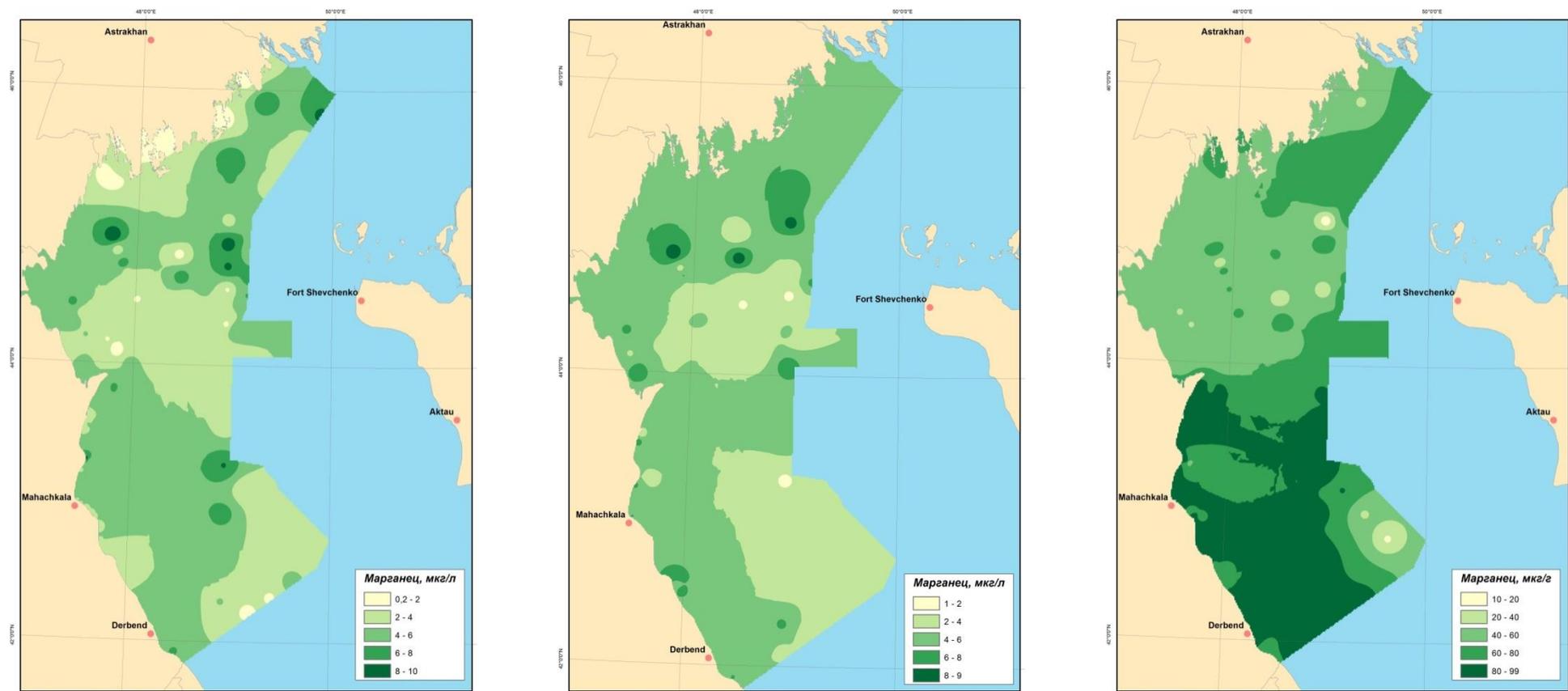
Table 7

Mean concentration of heavy metals in water and bottom sediments  
in the north-western part of the Caspian Sea in 2014

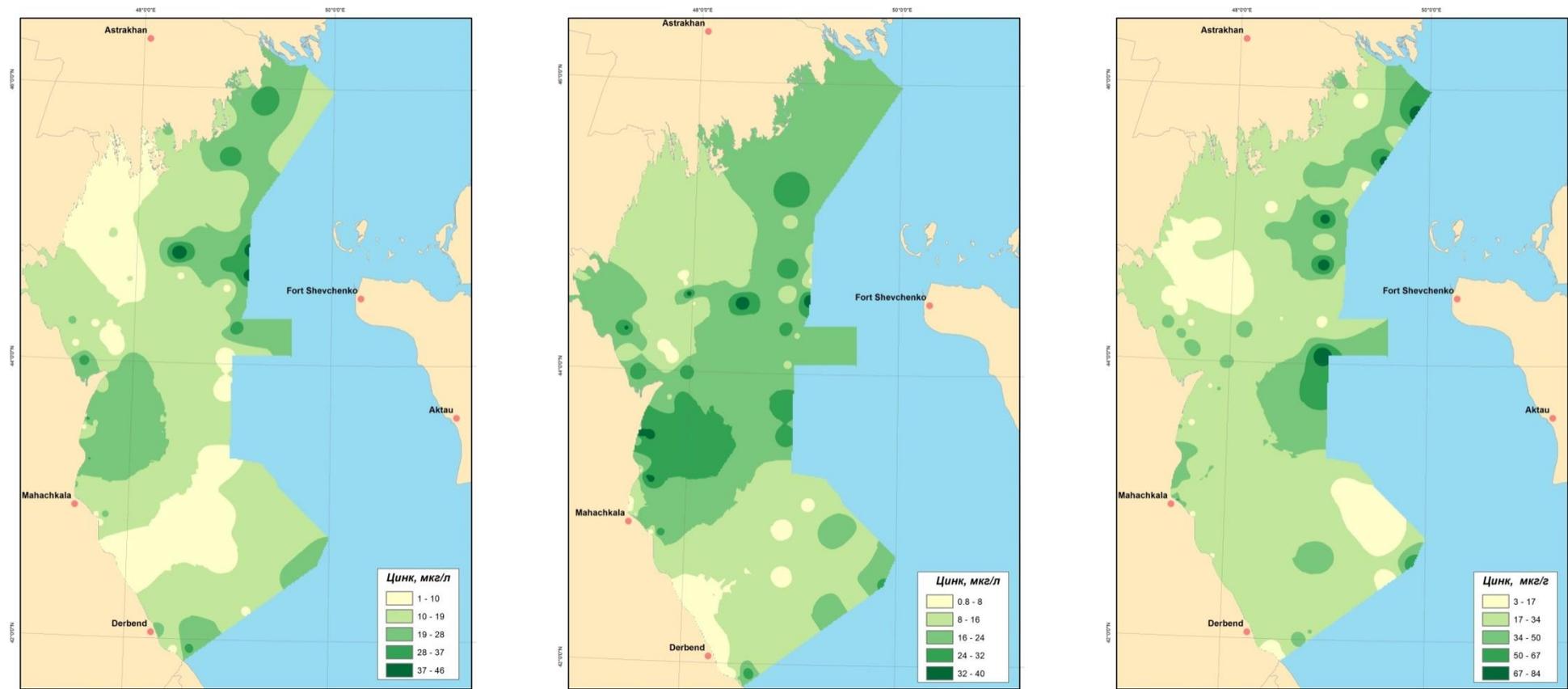
Sea sector	Area	surface layer			bottom layer			Bottom sediments		
	Water area	mean	max	min	mean	max	min	mean	max	min
Iron (mg/l for water, mg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	0.08	0.10	0.01	0.08	0.10	0.06	7.97	15.3	2.20
	open	0.09	0.16	0.04	0.10	0.17	0.04	3.40	7.12	1.60
Middle Caspian	coastal	0.08	0.11	0.07	0.09	0.12	0.07	10.7	19.5	2.53
	open	0.09	0.12	0.07	0.10	0.13	0.07	10.4	23.3	4.33
Manganese (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	2.80	7.60	0.20	4.69	7.70	2.10	48.5	69.4	37.6
	open	4.69	9.90	1.40	4.36	9.50	1.60	58.5	79.1	9.69
Middle Caspian	coastal	4.43	8.80	2.20	4.82	7.70	3.20	81.3	98.4	42.4
	open	3.76	8.00	1.40	3.83	7.40	1.80	76.2	99.0	18.00
Zinc (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	14.4	35.9	2.20	16.9	33.3	2.60	25.6	44.9	10.10
	open	17.0	45.8	2.39	18.8	38.4	3.35	29.0	80.6	5.30
Middle Caspian	coastal	15.5	33.4	1.23	17.1	42.8	0.40	27.6	69.4	3.40
	open	14.5	32.5	2.60	16.0	31.9	6.44	31.4	84.3	2.86
Nickel (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	9.24	22.9	1.43	11.2	16.1	3.90	14.2	19.2	11.2
	open	18.5	28.5	3.90	19.7	29.2	3.70	14.6	48.4	3.30
Middle Caspian	coastal	10.6	18.9	0.72	8.09	18.6	1.18	20.6	49.6	5.60
	open	12.2	29.9	5.20	13.1	38.5	1.68	16.2	33.9	1.00
Copper (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	3.79	8.50	0.20	3.65	9.40	1.30	11.3	12.8	10.10
	open	3.83	15.3	0.30	3.88	18.3	0.50	13.6	19.5	10.80
Middle Caspian	coastal	3.68	7.40	1.90	3.13	5.10	1.60	11.7	23.7	1.38
	open	3.53	8.00	1.90	2.51	3.80	1.40	10.4	21.0	0.50
Lead (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	4.50	8.50	1.30	4.67	8.60	1.85	5.30	9.65	0.90
	open	7.76	15.6	1.40	9.02	17.3	1.30	6.39	28.1	0.90
Middle Caspian	coastal	3.76	7.50	0.80	3.87	7.00	0.72	8.49	17.7	2.00
	open	4.33	9.73	1.05	7.81	12.8	3.40	6.06	13.9	1.10
Cadmium (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	0.43	1.79	0.09	0.75	0.96	0.46	0.14	0.36	0.02
	open	0.60	1.83	0.03	0.85	1.87	0.11	0.25	0.65	0.06
Middle Caspian	coastal	0.57	1.79	0.07	0.46	1.50	0.06	0.12	0.32	0.04
	open	0.67	1.71	0.12	0.76	1.63	0.06	0.18	0.45	0.02
Mercury (mcg/l for water, mcg/g for sediments)										
North Caspian	coastal	0.02	0.06	0.00	0.02	0.04	0.00	0.05	0.08	0.01
	open	0.04	0.09	0.01	0.04	0.08	0.02	0.03	0.04	0.01
Middle Caspian	coastal	0.03	0.06	0.01	0.03	0.05	0.02	0.06	0.13	0.02
	open	0.03	0.03	0.01	0.03	0.04	0.02	0.05	0.10	0.02



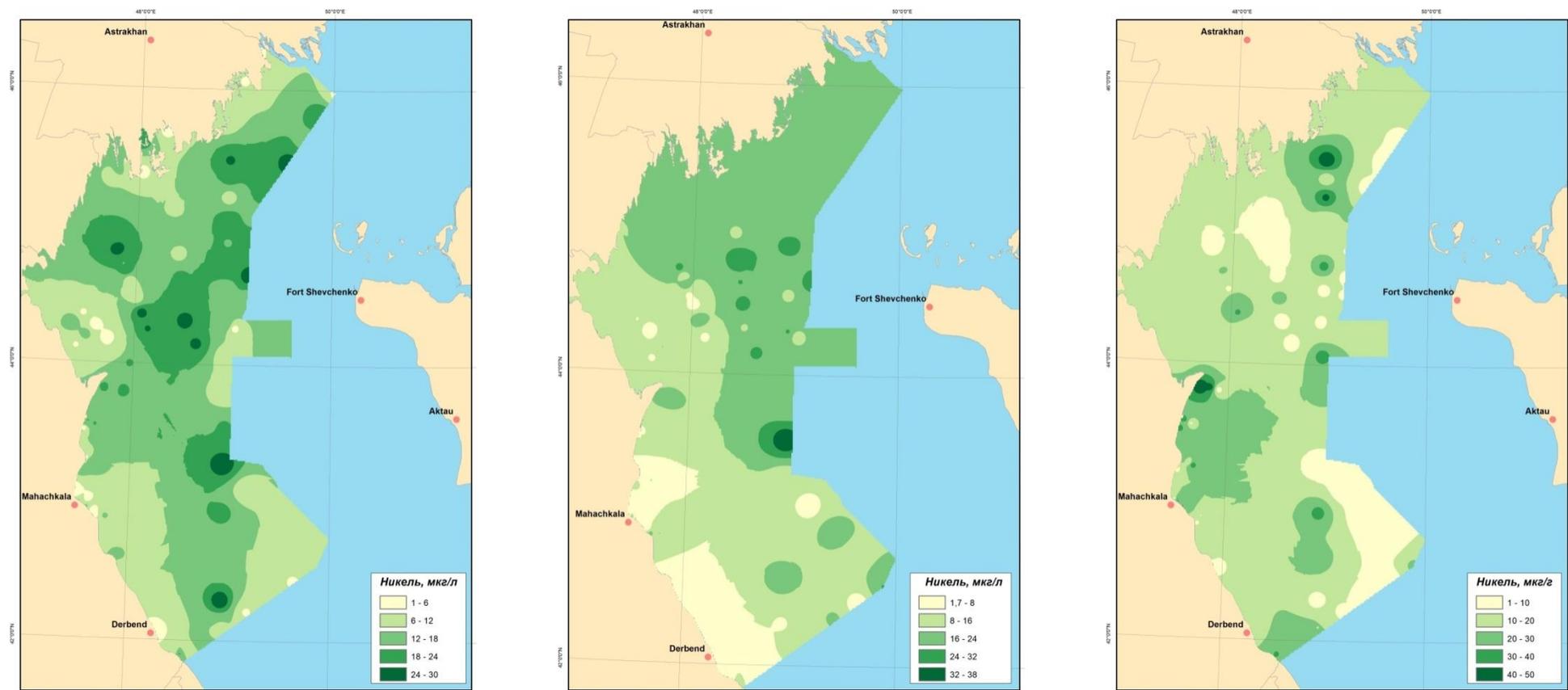
**Fig. 11** Spatial distribution of iron in water (mg/l) and bottom sediments (mg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



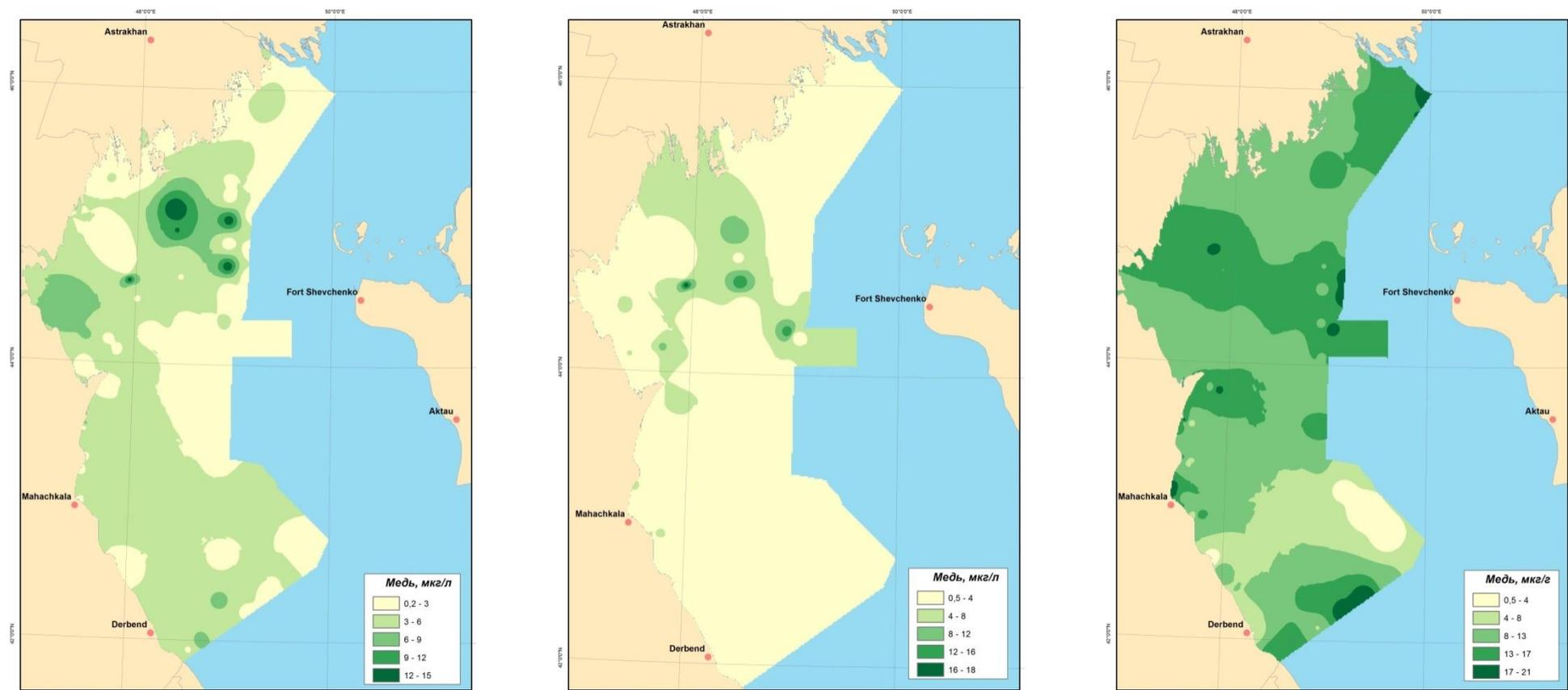
**Fig. 12** Spatial distribution of manganese in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



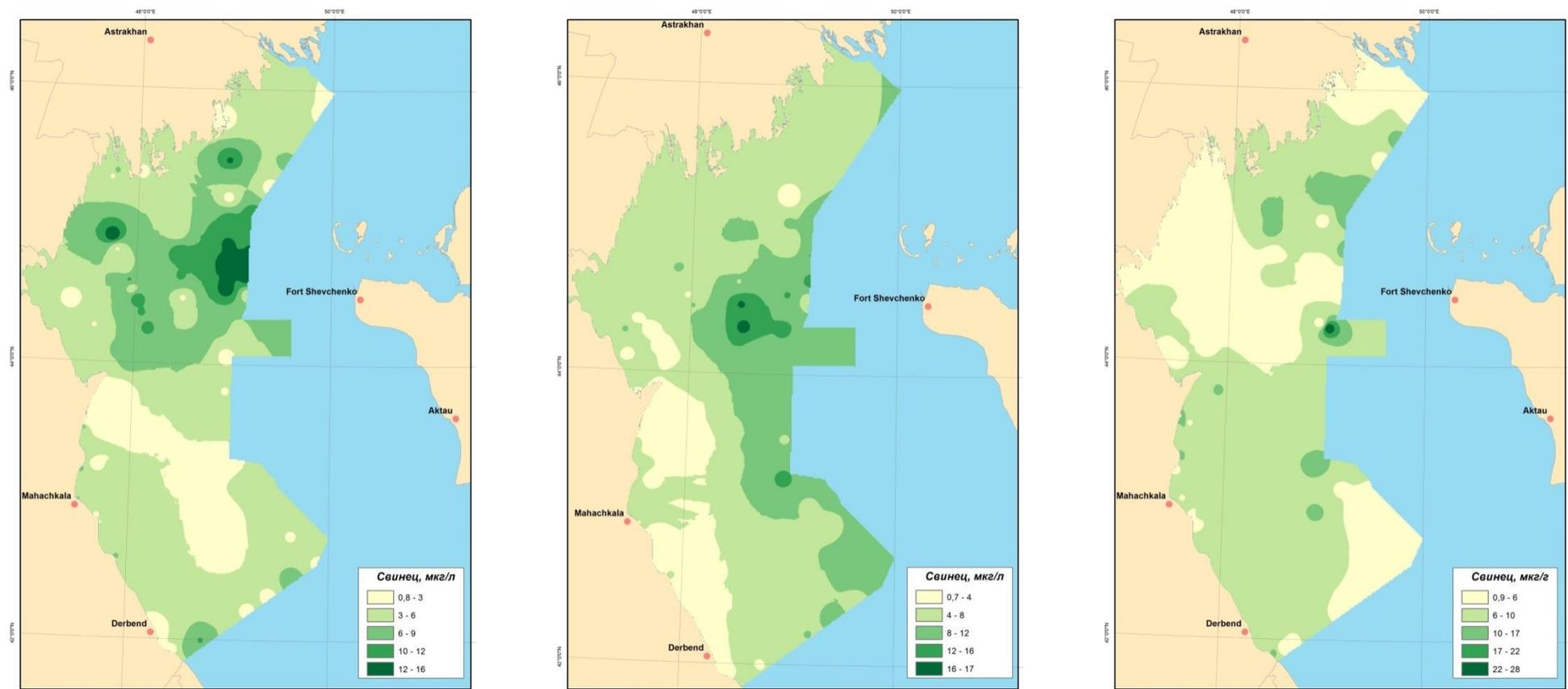
**Fig. 13** Spatial distribution of zinc in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



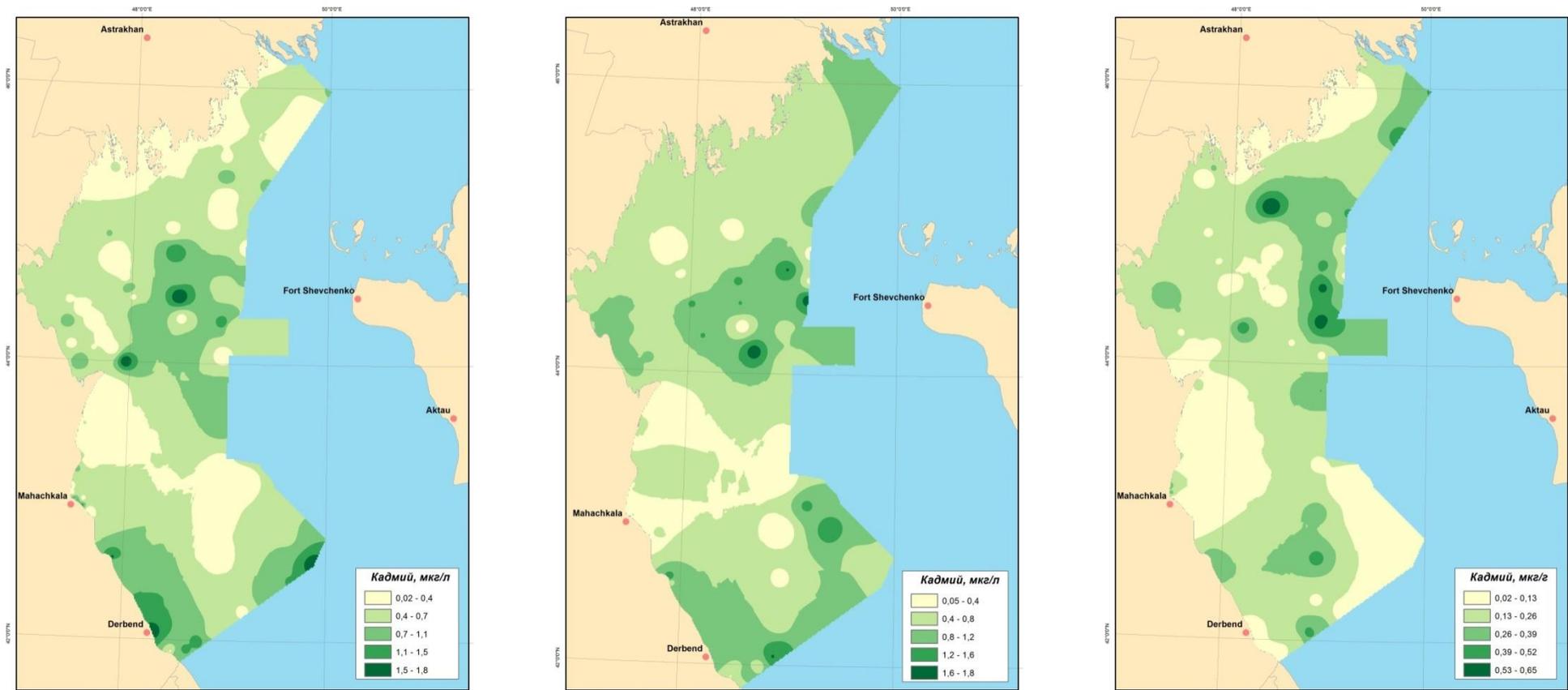
**Fig. 14** Spatial distribution of nickel in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



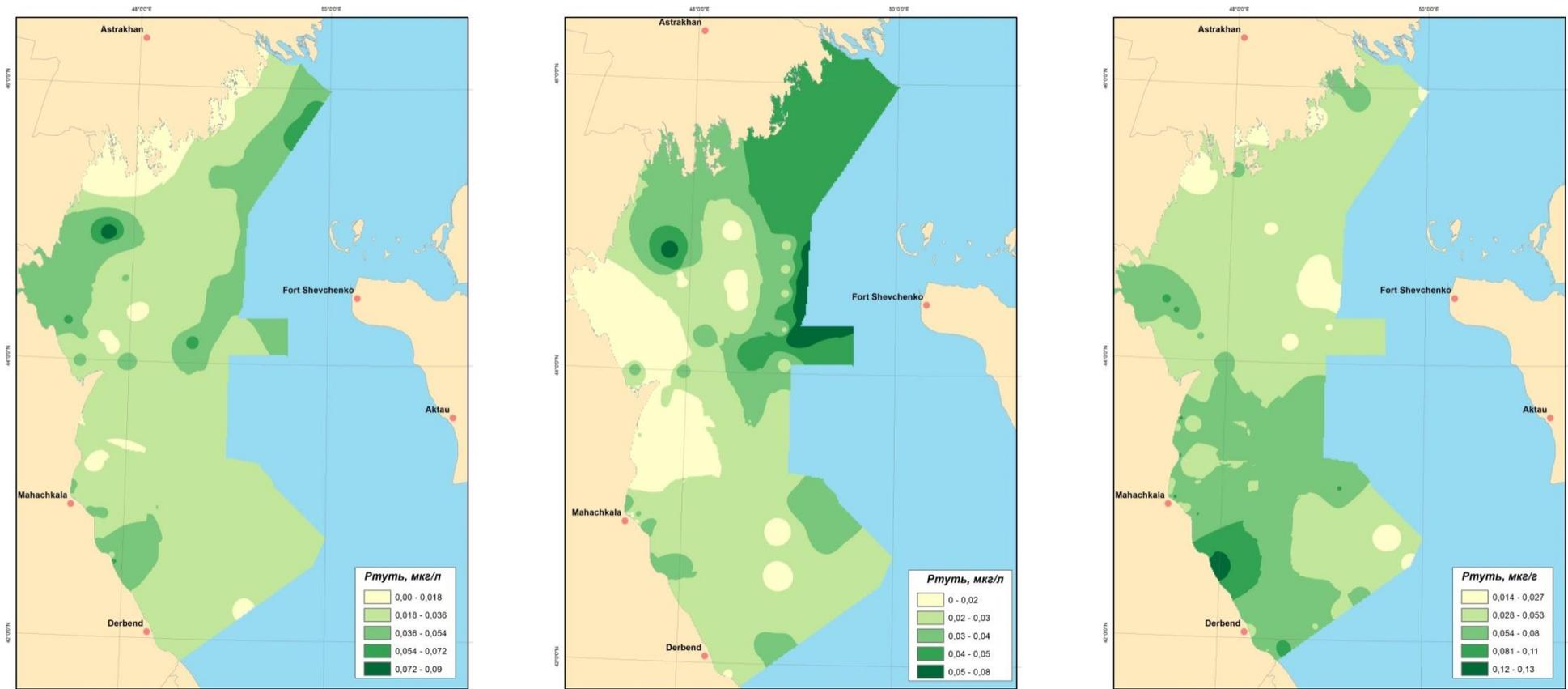
**Fig. 15** Spatial distribution of copper in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



**Fig. 16** Spatial distribution of lead in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



**Fig. 17** Spatial distribution of cadmium in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014



**Fig. 18** Spatial distribution of mercury in water (mcg/l) and bottom sediments (mcg/g) (surface layer on the left, near-bottom layer in the centre, bottom sediments on the right) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014

Heavy metals in the north-western part of the Caspian Sea water can be subdivided into three types by the pattern of their spatial distribution. The concentration of iron, nickel and cadmium rose in the direction from the coast to the sea. The concentrations of copper and lead changed along the North - South axis, and in the North Caspian they were higher than in the Middle Caspian. Increased values of manganese, zinc and mercury were observed in the open part of the North Caspian and in the coastal waters of the Middle Caspian.

Heavy metals in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea can be subdivided into three types by the pattern of their spatial distribution. The concentration of zinc, nickel and cadmium rose in the direction from the coast to the sea. The concentrations of iron, manganese and mercury changed along the North - South axis, and in the North Caspian they were lower than in the Middle Caspian. Increased values of copper and lead were observed in the open part of the North Caspian and in the coastal waters of the Middle Caspian.

Only two metals - nickel and cadmium had similar features of spatial distribution in water and bottom sediments.

Various patterns of spatial distribution and a wide range of fluctuations of heavy metals concentrations in water point to the high rate and various ways of biogeochemical migration of metals in the aquatic environment of the north-western part of the Caspian Sea. The variability range of heavy metals concentrations in the bottom sediments was narrower than in the water. Higher concentrations of all the metals (with the exception of copper and cadmium) were discovered in the Middle Caspian areas which accumulated silt particles carried by the currents from the North Caspian. Thus the metals linked to suspended particles had fewer migration routes than the metals dissolved in water.

## 5 Persistent organic pollutants

Chemical and analytical study of the samples of bottom sediments taken in the north-western part of the Caspian Sea during the field trip of 2014 was carried out by SPA "Typhoon". Bottom sediments samples were analyzed for the content of aliphatic hydrocarbons (AHC), polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH), polychlorinated biphenyl (PCB), organochlorine pesticides (OCP), and phthalates. Observations of AHC and PAH were carried out in all the water areas at 64 stations, including the marine delta edge and the Volga - Caspian Canal. The observations of PCB, OCP and phthalates were carried out only in coastal areas of RSMS (PCB - at 20 stations, OCP and phthalates - at 21 stations).

### *Aliphatic hydrocarbons*

The samples taken in 2014 were analyzed for 34 types of AHC (from C<sub>10</sub> to C<sub>40</sub>). The total content of AHC in the bottom sediments of RSMS varied from 0.00 to 1099.6 mcg/kg and on average amounted to 192.2 mcg/kg. AHC concentration in the bottom sediments was higher in the coastal areas. Highest AHC concentration values were registered in the bottom sediments of the coastal areas of the Middle Caspian. The overall concentration was mainly contributed by C<sub>17</sub> and pristane, which accounted for one third of the total AHC.

**Table 9**

The content of total AHC (mcg/kg) in the bottom sediments in 2014

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	228.0	113.3	277.9	105.7	192.2
Maximum	1099.6	1036.7	606.6	342.6	1099.6
Minimum	19.1	3.90	13.5	0.00	0.00

### ***Polycyclic aromatic hydrocarbons***

The total content of PAH in the bottom sediments of RSMS varied from zero to 530 mcg/kg of dry weight, the mean value stood at 47.3 mcg/kg (Table 10). Highest PAH concentration values were registered in the bottom sediments of the coastal area of the Middle Caspian. Naphthalene and perylene prevailed, constituting about a half of the total amount of PAH. The mean concentration of benz(a)pyrene was 0.82 mcg/kg.

**Table 10**

The content of total PAH (mcg/kg) in the bottom sediments in 2014

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part	
Mean value	25.5	13.8	170	14.6	47.3
Maximum	78.3	74.9	530	30.5	530
Minimum	0.30	0.00	2.7	1.10	0.00

### ***Polychlorinated biphenyls***

During 2014 field trip, the total content of PCB in the bottom sediments of RSMS varied from 0.10 to 2.50 mcg/kg of dry weight, the mean value stood at 0.88 mcg/kg (Table 11). The highest concentration values were registered in the bottom sediments of the coastal area of the Middle Caspian. Congeners #138, #118 and #101 prevailed and amounted to more than a half of the total PCB concentration.

**Table 11**

The content of total PCB (mcg/kg) in bottom sediments in 2014

Statistical parameter	North Caspian	Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Coastal water area	Open part	
Mean value	0.66	1.40	-	0.88
Maximum	1.60	2.50	0.70	2.50
Minimum	0.10	0.70	0.50	0.10

### ***Organochlorine pesticides***

During the field trip in 2014, the mean concentration of OCP in bottom sediments in the Russian subsoil sector made 0.70 mcg/kg; the range varied from 0.10 to 8.70 mcg/kg (Table 12). The highest concentration values were registered in the bottom sediments of the coastal area of the Middle Caspian. The identified pesticides include: benzachlor,  $\alpha$ -HCCH, 4,4-DDE, 4,4-DDD and 4,4-DDT

**Table 12**

The content of total OCP (mcg/kg) in bottom sediments in 2014

Statistical parameter	North Caspian	Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Coastal water area	Open part	
Mean value	0.025	2.23	-	0.70
Maximum	0.20	8.70	0.20	8.70
Minimum	0.00	0.40	0.10	0.10

### Phthalates

Samples of 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 2014, the mean concentration of phthalates in the bottom sediments of the RSMS made 667 mcg/kg; the range varied from 70.3 to 2317 mcg/kg (Table 13). The highest concentration values were registered in the bottom sediments of the coastal area of the Middle Caspian. Di-n-butylphthalate (DBP) made the biggest contribution (more than 95%) in the total concentration.

**Table 13**

The content of phthalates (mcg/kg) in bottom sediments in 2014

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian		RSMS in general
	Coastal water area	Coastal water area	Open part		
Mean value	507	1073	-	667	
Maximum	815	2317	314	2317	
Minimum	176	70.3	99.0	70.3	

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

To assess the marine environmental pollution in the north-western part of the Caspian Sea in 2014 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 ( $C_i$ ); 2) accumulation estimate with background concentration is a criterion ( $C_f$ ); and 3) load estimate, where maximum permissible load is a criterion ( $\Delta_{if} = C_i - C_f$ ). The ensemble pollution 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**

Maximum permissible concentration of pollutants in sea water

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

Maximum permissible concentration of pollutants in marine bottom sediments

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 types: 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 pollution parameters; N is the number of pollution parameters, which  $E > 0$ ;  $E_{max}$  is the 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 0.50
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 to 3.51

In accordance with the generalized and priority estimates, the sea water in the Volga estuary in 2014 was characterized as clean, according to the extreme estimate it was moderately polluted (Table 17). The water in the Kizlyar Bay was clean according to the generalized estimate and moderately polluted according to the priority and extreme estimates. The bottom sediments in the coastal area of the North Caspian were described as clean in accordance with all the estimates.

Table 17

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area of the North Caspian in 2014

Environmental component	Early autumn		
	$E_1$	$E_2$	$E_3$
<b>Volga coastal area</b>			
Water	0.37	0.48	1.00
Bottom sediments	0.28	0.33	0.33
<b>Kizlyar Bay</b>			
Surface	0.38	0.60	1.00
Bottom	0.33	0.53	1.00
Bottom sediments	0.22	0.33	0.33

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

In 2014 the sea water in the open part of the North Caspian was assessed as clean only in the surface layer and in accordance with the generalized estimate. The generalized estimate revealed that the water in the near bottom layer was moderately polluted in all the areas. According to the priority and extreme estimates the water in the open part of the North Caspian was moderately polluted with one exception: the surface water at IIIa cross-section was assessed as clean in accordance with the priority estimate (Table 18). The bottom sediments at two cross-sections (Eastern and Northern) were described as clean in accordance with all the estimates. The bottom sediments at IIIa cross-section were clean in accordance with the generalized and priority estimates, and moderately polluted in accordance with the extreme estimate. The bottom sediments at IIIa cross-section were moderately polluted in accordance with the generalized and priority estimates, and polluted in accordance with the extreme estimate.

**Table 18**

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part of the North Caspian in 2014

Environmental component	2014		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>"Eastern" cross-section</b>			
Surface	0.44	0.57	1.00
Bottom	0.56	0.71	1.33
Bottom sediments	0.22	0.33	0.33
<b>cross-section III</b>			
Surface	0.48	0.54	1.00
Bottom	0.52	0.67	1.33
Bottom sediments	0.56	0.56	1.67
<b>"Northern" cross-section</b>			
Surface	0.48	0.54	1.33
Bottom	0.70	0.79	1.33
Bottom sediments	0.28	0.33	0.33
<b>cross-section IIIa</b>			
Surface	0.33	0.38	0.67
Bottom	0.52	0.58	1.00
Bottom sediments	0.39	0.39	0.67

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

According to the generalized ensemble assessment, the sea water and bottom sediments in the coastal areas of the Middle Caspian in 2014 were clean (Table 19). According to the priority estimate, the surface water in all the areas (except for Derbent and Samur) and the water in the near-bottom layer in all the areas (with the exception of Lopatin, Prorez, Kaspiysk, Derbent and Samur) were characterized as clean. In the mentioned exclusive cases the marine water was moderately polluted according to the priority estimate. The bottom sediments were assessed as clean according to the priority estimate with the exception of the water areas near Makhachkala and the Samur, where they were moderately polluted. According to the extreme ensemble estimate, the sea water and the bottom sediments in all the coastal areas of the Middle Caspian, except for Makhachkala and Kaspiysk, were assessed as moderately polluted. The bottom sediments off Malhachkala coast were polluted, and in Kaspiysk they were clean.

Table 19

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area  
of the Middle Caspian in 2014

Environmental component	2014		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>Lopatin</b>			
Surface	0.33	0.44	0.67
Bottom	0.29	0.58	1.00
Bottom sediments	0.33	0.50	1.00
<b>Prorez</b>			
Surface	0.42	0.48	1.00
Bottom	0.21	0.56	1.00
Bottom sediments	0.17	0.50	0.67
<b>Sulak</b>			
Surface	0.33	0.44	0.67
Bottom	0.33	0.44	1.00
Bottom sediments	0.33	0.50	1.00
<b>Makhachkala</b>			
Surface	0.33	0.44	1.00
Bottom	0.29	0.47	1.00
Bottom sediments	0.44	0.67	1.67
<b>Kaspiysk</b>			
Surface	0.21	0.33	0.33
Bottom	0.33	0.53	1.00
Bottom sediments	0.17	0.33	0.33
<b>Izberg</b>			
Surface	0.25	0.50	0.67
Bottom	0.25	0.50	1.00
Bottom sediments	0.22	0.44	0.67
<b>Derbent</b>			
Surface	0.13	1.00	1.00
Bottom	0.13	1.00	1.00
<b>Samur</b>			
Surface	0.17	0.67	0.67
Bottom	0.08	0.67	0.67
Bottom sediments	0.11	0.67	0.67

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

In 2014 in accordance with generalized estimate, sea water and bottom sediments in the open part of the Middle Caspian were described as clean, and in accordance with priority and extreme estimates - as moderately polluted (Table 20). According to the priority estimate, the sea water was described as clean with the exception of the surface layer at Southern cross-section and the near-bottom layer at Meridional and Central cross-sections, where the water was polluted. The priority estimate revealed that the bottom sediments at all the Middle Caspian cross-sections were clean.

Table 20

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part of the Middle Caspian in 2014

Environmental component	2014		
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>
<b>"Meridional" cross-section</b>			
Surface	0.46	0.46	1.00
Bottom	0.42	0.56	1.00
Bottom sediments	0.33	0.40	0.67
<b>"Central" cross-section</b>			
Surface	0.33	0.38	0.67
Bottom	0.33	0.53	1.00
Bottom sediments	0.22	0.44	0.67
<b>"Southern" cross-section</b>			
Surface	0.29	0.58	1.33
Bottom	0.38	0.43	1.00
Bottom sediments	0.28	0.42	0.67

	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 2014 sea water in the north-western part of the Caspian Sea was generally assessed as clean, in some areas – as moderately polluted.

Table 21

Marine water pollution indices (WPI) in the north-western part of the Caspian Sea in 2014

Area of study	Sampling horizons	
	Surface	bottom
1	2	3
<b>Coastal water area of the North Caspian</b>		
Volga coastal area	0.65	-
Kizlyar Bay	0.50	0.44
<b>Open part of the North Caspian</b>		
Eastern	0.52	0.87
Section III of SON	0.82	0.85
Northern	0.84	0.91
Section IIIa of SON	0.66	0.72
<b>Coastal water area of the Middle Caspian</b>		
Lopatin	0.41	0.49
Prorez	0.52	0.36
Sulak	0.44	0.44
Makhachkala	0.46	0.41
Kaspiysk	0.47	0.43
Izberg	0.36	0.38
Derbent	0.41	0.33
Samur	0.45	0.42

Table 21, continuation

1	2	3
<b>Open part of the Middle Caspian</b>		
Meridional	0.38	0.81
Central	0.43	0.63
Southern	0.43	0.71

**Note:** the following colour notations are used

	<i>polluted water</i>
	<i>moderately polluted</i>
	<i>clean</i>

Table 22 shows mean WPI values for marine water in the merged areas of the north-western part of the Caspian Sea in 2012-2014 (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 2014 improved as compared to the previous years. In contrast to the previous years, the water of the open sea part was the most polluted.

Table 22

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

Sea sector, water area	2012				2013				2014	
	September- October		November - December		September- October		November - December		August - December	
	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom	surface	bottom
North Caspian coastal	0.92	-	1.2	-	1.15		0.85	-	0.57	0.44
North Caspian open	0.88	0.88	1.02	1.12	0.78	0.77	0.54	0.55	0.69	0.82
Middle Caspian coastal 1	0.97	0.96	1.22	1.23	1.07	0.86	1.03	0.81	0.46	0.42
Middle Caspian coastal 2	0.92	0.9	0.83	0.81	0.89	0.74	0.91	0.66	0.43	0.40
Middle Caspian open	0.84	1.03	0.81	1.09	0.66	0.88	-	-	0.41	0.73
<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>	<b>0.55</b>	<b>0.60</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

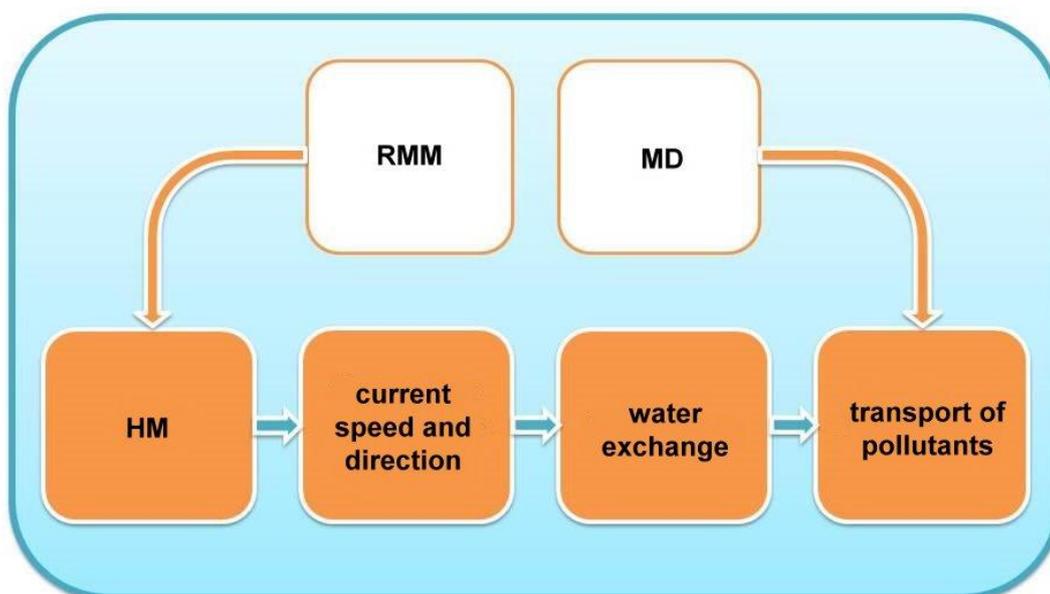
## 7 Assessment of water exchange and transboundary transport of pollutants

The location of monitoring stations at the borderline of the Russian subsoil management sector (Fig. 1) makes it possible to assess transboundary transport of pollutants under the condition that the data of chemical analyses are completed with the data on water exchange, speed and direction of currents along the borderline 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 of the Caspian Sea.

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 mile 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.

In 2013, KaspMNIZ jointly with Hydrometeorological Centre of Russia started elaborating a method to estimate the water exchange and the transport of pollutants between the different parts and sectors of the Caspian Sea (Fig. 19) on the basis of the operational hydrodynamic model of the Caspian Sea coupled with the observations carried out within the framework of the state and corporate monitoring programmes of marine environmental pollution. A schematic overview of this method is presented below.

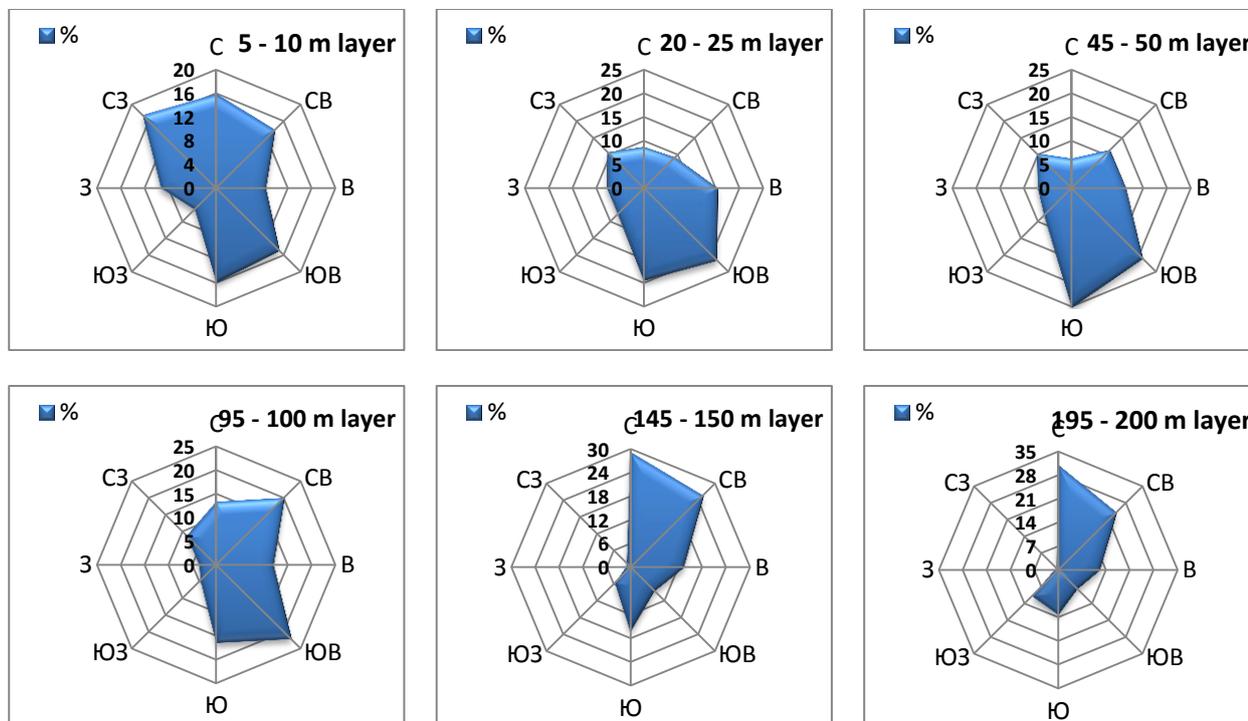


**Fig 19** The calculation method of water exchange and pollutants transport between different parts of the Caspian Sea RMM- regional meteorological model, HM- hydrodynamic model, MD - monitoring data

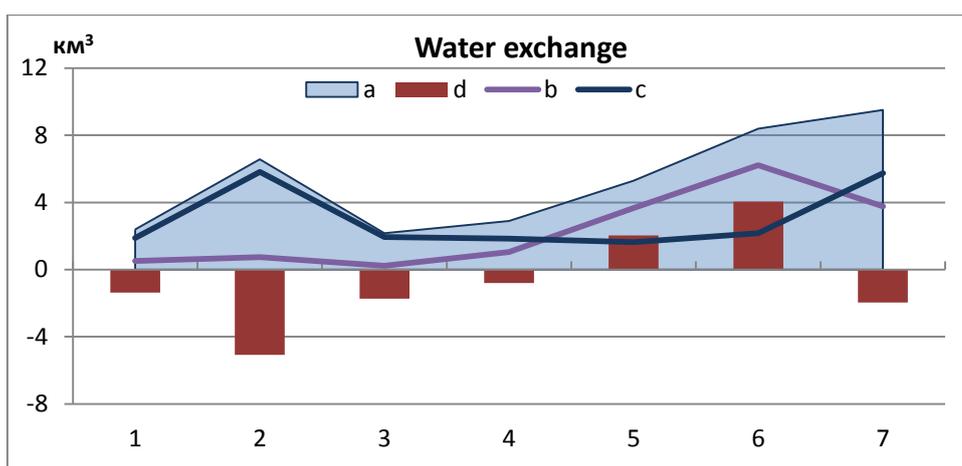
The high-resolution model was adapted to the diagnostic calculations of water exchange and transboundary pollutants transport by "INFOMAR" company. To calculate the water exchange between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea we used a straight line of sea bottom delimitation starting at the point of 41° 50' 5" northern latitude 48° 35' 6" eastern longitude and ending at the point 42° 33' 6" northern latitude and 49° 53' 3" eastern longitude. The area was split into 7 smaller test areas.

The water exchange and transboundary transport were calculated for the period starting at 18.00 Moscow time, December 14 and finishing at 21.00 Moscow time on December 15, 2014. The field study was carried out at that time at the borderline between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea - at Southern cross-section (the selected area of the RSMS borderline will be further referred to as "Southern"). The basic calculation results were current speed and direction, and X and Y components of current speed estimated for every grid block of the model (1852 x 1852 x 5 metres) located at the delimitation line every 1 hour.

The calculations for "Southern" cross-section within the considered time period showed that there prevailed the currents directed along the axis from south-west to north-east (Fig. 20). The calculations showed that the total water exchange on 14-15 December, 2014 (28 hours) made 37.2 km<sup>3</sup> and the resultant water exchange constituted 4.8 km<sup>3</sup> (21.0 km<sup>3</sup> of water left the Russian sector and 16.2 km<sup>3</sup> entered the Russian sector). The water exchange was the most intensive in the western part of "Southern" cross-section (Fig. 21).



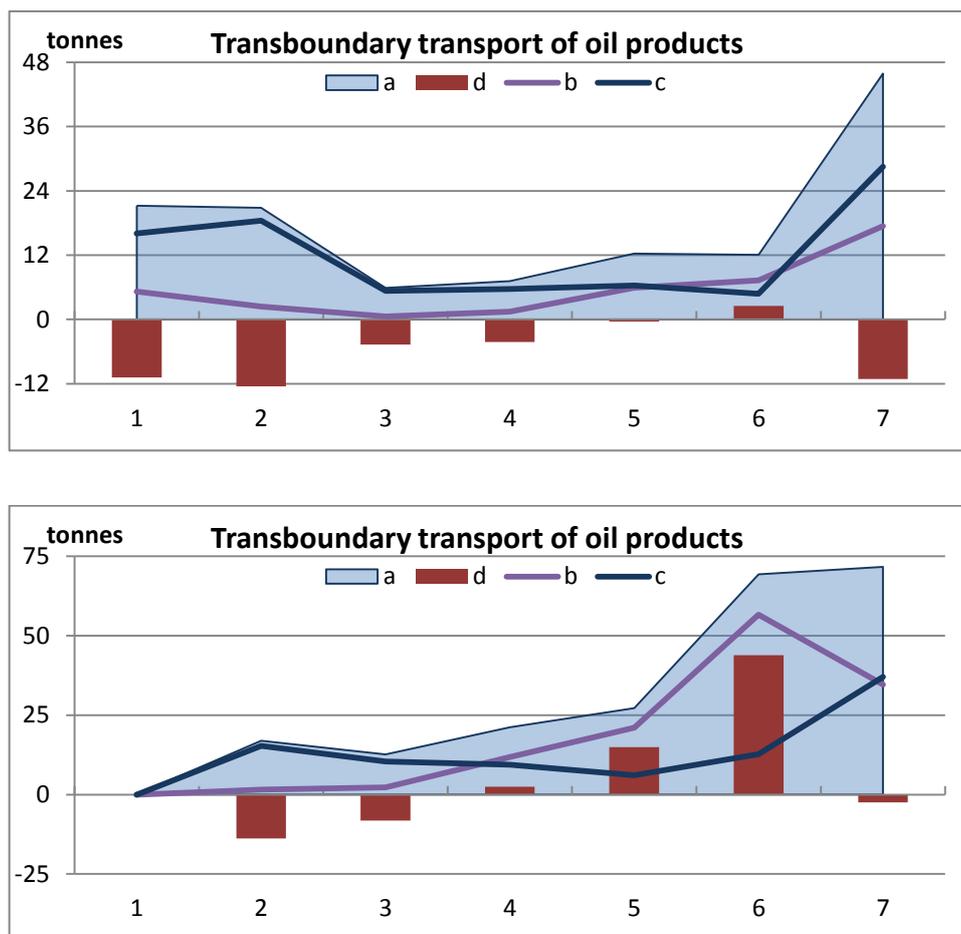
**Fig. 20** The occurrence of currents by directions (%) in different water layers at the borderline between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea on December 14-15, 2014.



**Fig. 21** The water exchange (km<sup>3</sup>) between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea on December 14-15, 2014 in different test areas in the layer of 0 - 200 metres. 1 - western area; 7 - eastern area; a - total water exchange, b - inflow, c - water outflow, d - resultant water exchange

Transboundary transport was estimated for 9 pollutants: oil products, copper, lead, cadmium, mercury, iron, manganese, zinc and nickel. As well as water exchange, transboundary transport was described by four parameters: total transport, outflow, inflow of pollutants and resultant transport (inflow minus outflow).

The parameters of transboundary pollutants transport between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea were mainly determined by characteristics of water exchange. In particular, in 0- 200 m layer the resultant transport of all the PS was negative (the outflow exceeded the inflow) and amounted to 6 - 28% of the total transport. The parameters of transboundary transport were subjected both to horizontal and vertical variability. The total pollutants transport was the most intensive in the western and eastern parts of the "Southern" cross-section and its value reduced with depth. Pollutants outflow was observed in the layer of 10-100 m, inflow in the layer of 150 -200 m. Both inflow and outflow were registered in the layers 0-10 and 100-150 m (Fig. 22).



**Fig. 22** The transboundary transport of oil products (tonnes) between the Russian and the Azerbaijani sectors of the Caspian Sea on December 14-15, 2014 in different test areas in the layers of 10-100 m (top) and 150 - 200 metres (bottom). On X-axis: numbers of sectors from the west to the east; a - total transport; b - resultant transport; c - water outflow; d - water inflow

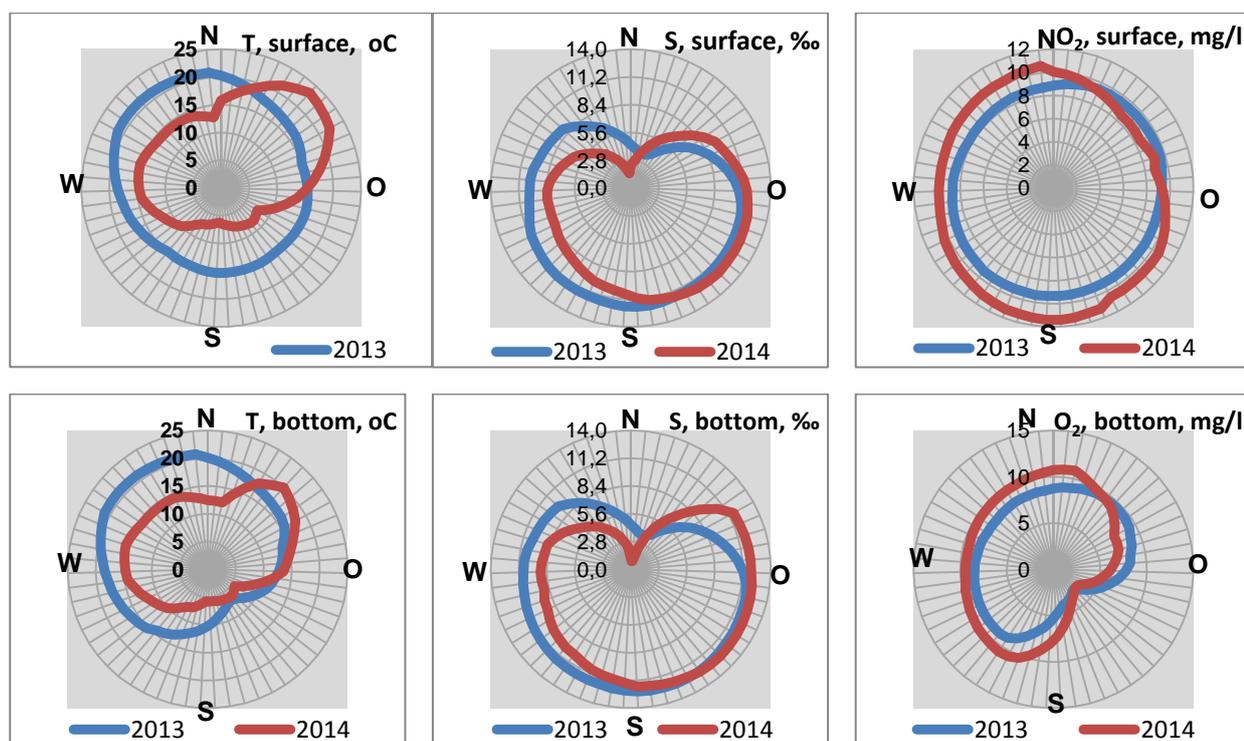
The elaborated technique for estimating of transboundary pollutants transport using the data of monitoring and modelling shows a good example of extending the application of methods and techniques of real-time meteorology and oceanography for environmental protection. The technique is expected to be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

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

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 2013 and 2014 were represented in one image, so interannual changes of the marine environment can be easily traced. The observations data collected in September - October 2013 (observations covered all the water area) and in August - December 2014 were used for comparison. The differences in observation periods affected the interannual variability.

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

The temperature of sea water in 2014 in the most part of the water area under consideration (with the exception of the north-eastern area) was lower than in 2013 (Fig. 23), which can be explained by the differences in observation periods. Accordingly, the concentration of dissolved oxygen rose as a result of its increased solubility. The most probable reason for desalination of the coastal water of the North and the Middle Caspian and increased salinity of the north-eastern part of the water area under consideration in 2014 in contrast to 2013 is the increased cyclonic circulation of water.



**Fig 23 Interannual changes of water temperature and salinity, and the content of dissolved oxygen in the north-western part of the Caspian Sea in 2013 - 2014**

In 2013-2014 the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea were enriched with fine fractions (aleurite and pelite) and lost coarse fractions (coarse and fine sand). The percentage of aleurite in the bottom sediments of the North Caspian grew rapidly in 2014 as compared to 2013 due to the reduction of coarse sand share (Table 23, Fig. 24). The content of pelite in the bottom sediments of the coastal Middle Caspian areas rose, as the content of fine sand fell. The deposition of silt is obviously of terrigenous nature. This can be explained by the decrease of organic matter concentration in the bottom sediments of the Derbent depression, where the flow of silt deposits is transported.

**Table 23**

Interannual changes in granulometric composition of bottom sediments in the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2014

Sea sector, water area	shell			coarse sand			fine sand		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
NCc	7.1	9.2	4.7	8.6	16.0	6.1	42.8	29.0	20.9
NCo	23.6	20.2	23.2	27.0	32.6	26.3	33.7	31.1	25.1
MCC	9.2	9.6	14.0	11.3	11.0	12.8	18.5	17.7	6.2
MCo	24.7	22.5	27.7	6.3	5.6	7.9	8.5	10.8	4.5

Sea sector,	Aleurite			Pelite			Organic matter		
	2012	2013	2014	2012	2013	2014	2012	2013	2014
NCc	17.8	17.1	34.2	23.7	28.5	34.0	0.96	0.86	0.96
NCo	10.0	11.0	20.0	5.5	4.9	5.5	0.53	0.28	0.49
MCC	9.5	8.6	13.1	51.4	52.7	53.9	1.01	0.93	1.05
MCo	3.6	4.3	8.7	58.3	56.6	51.2	1.44	1.84	0.70

NCc- North Caspian coastal area, NCo -North Caspian open area, MCC- Middle Caspian coastal area, MCo - Middle Caspian open area

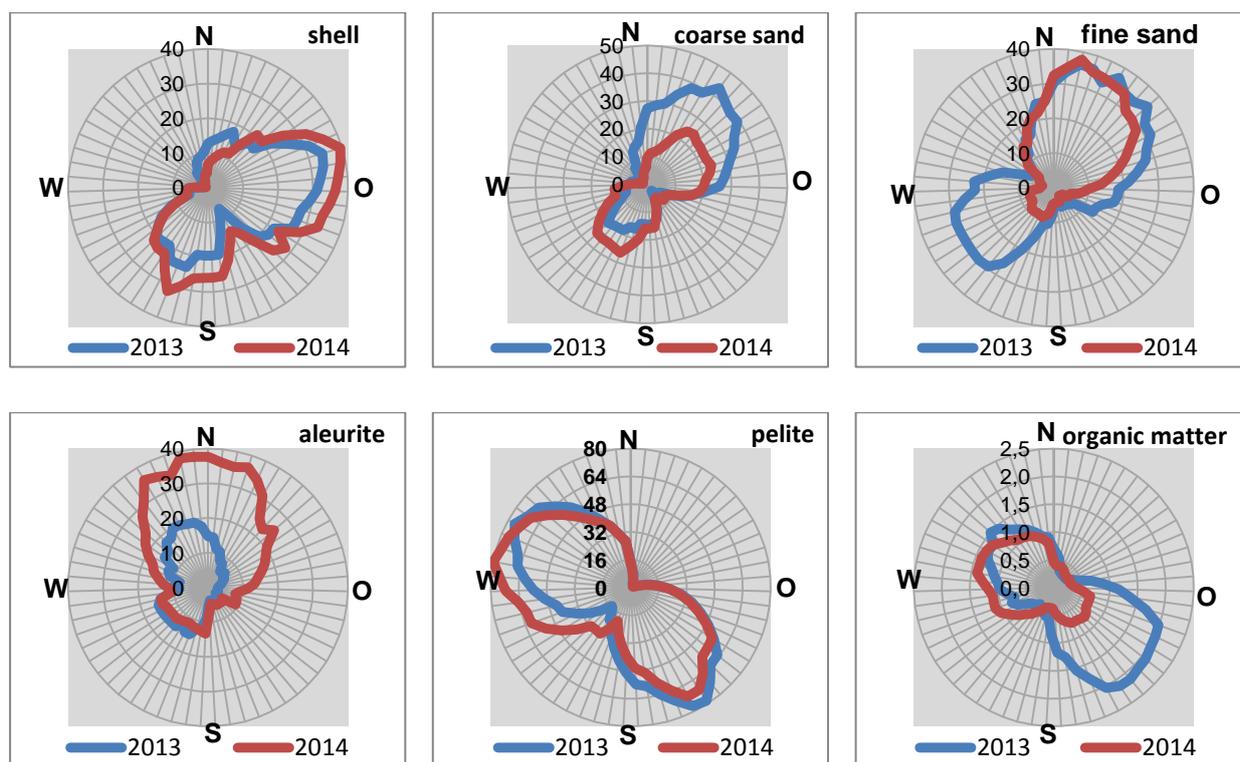


Fig. 24 Interannual changes of granulometric composition (%) and content of organic matter in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2013 - 2014

### **Marine environmental pollution**

The mean concentration of oil products in the water of the north-western part of the Caspian Sea in 2014 fell as compared to the two previous years (Table 24). The spatial distribution changed as well (Figure 25). This decrease was obviously caused by the decrease of oil products entry with the Volga runoff under the conditions of low water content. In contrast to the previous years, high OP concentrations were observed only in the shallow part of the Volga coastal estuary. Under these conditions, the main source of oil pollution was the advection of marine water from the eastern part of the Middle Caspian, which was quite polluted. This advection can be clearly seen on the map (Figure 9), the chart (Figure 25) and is proven by hydrological data which point to the increased cyclonic water circulation in the Middle Caspian in 2014. In 2014, the concentration of oil products fell in the bottom sediments as well, as compared to the two previous years. This decrease was minimal in the north-western sector, and maximal in the eastern sector of the water area. It follows that the interannual changes in the spatial distribution of oil products generally coincided with the pattern of organic matter distribution in the bottom sediments.

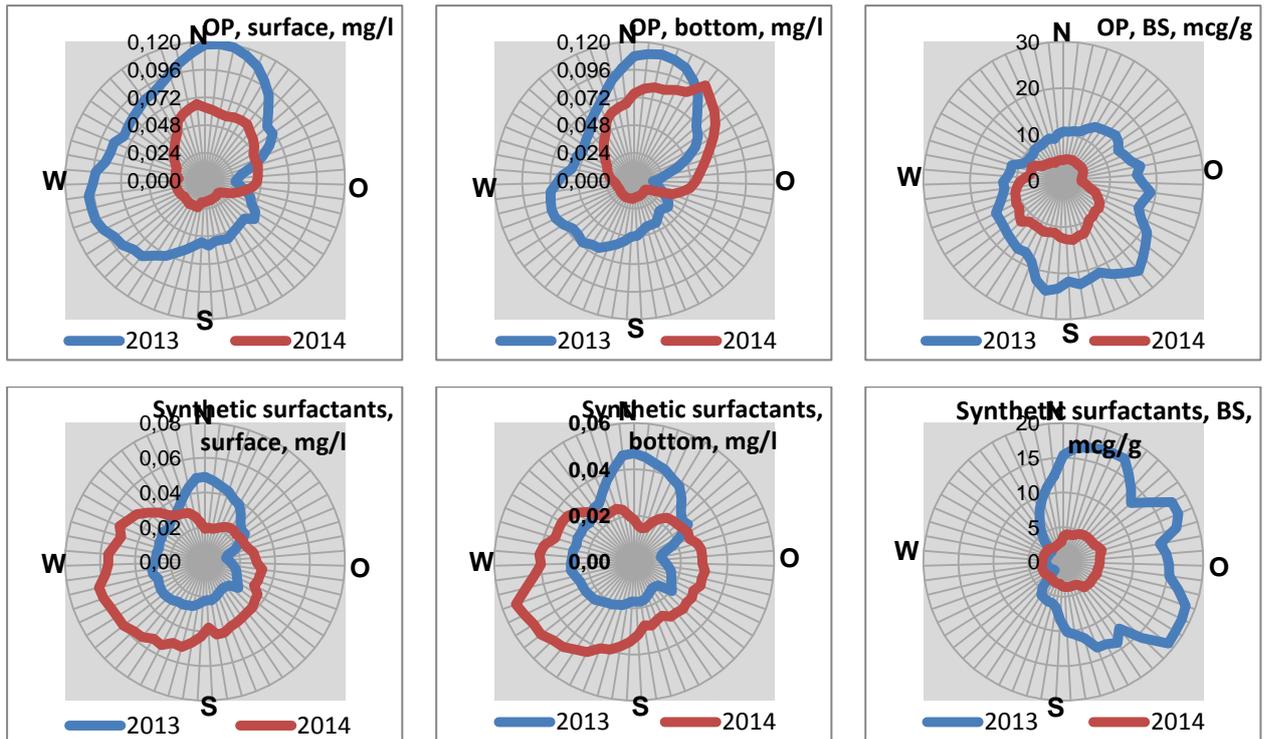
The concentration of synthetic surfactants rose in the north-western part of the Caspian Sea in 2014 (Table 24). However this increase was observed only in the Middle Caspian (mainly its coastal areas), while the content of synthetic surfactants fell in the North Caspian water (Fig. 25). One can suppose that as the entry of synthetic surfactants with the Volga runoff fell in 2014, the entry of these substances increased from the on-land sources located on Dagestan coast. The concentration of synthetic surfactants in the bottom sediments fell in 2014 as compared to the previous year, but the spatial distribution pattern was not greatly affected.

The concentrations of iron, zinc, nickel and copper decreased in the water of the north-western sea part in 2014 as compared to the two previous years; the content of cadmium and mercury rose, and the content of manganese and lead was unaffected (Table 24). The concentrations of manganese, zinc, nickel and copper fell in the bottom sediments of the north-western sea part; the content of lead, cadmium and mercury rose, and the content of iron did not change (Table 24).

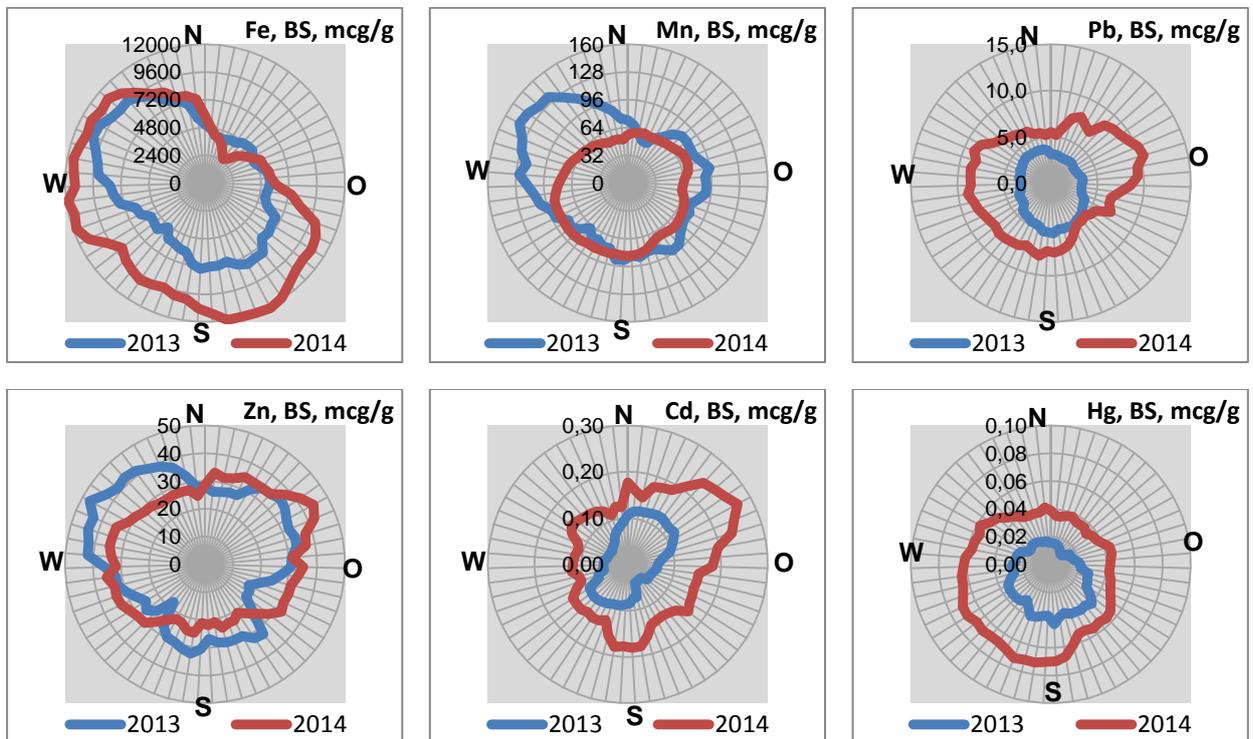
**Table 24**

Mean concentration of pollutants in sea water  
and bottom sediments within the RSMS area in early autumn of 2012 - 2014.

Index	2012	2013	2014	2012	2013	2014
	Water			Bottom sediments		
OP (mg/l; mcg/g)	0.07	0.07	0.04	34.6	14.3	7.7
Synthetic surfactants (mg/l; mcg/g)	0.01	0.03	0.04	6.2	11.4	3.9
Cu (mcg/l; mcg/g)	7.6	6.7	3.5	26.4	14.5	12.0
Pb (mcg/l; mcg/g)	4.7	9.6	5.8	5.7	3.6	6.8
Cd (mcg/l; mcg/g)	0.14	0.25	0.62	0.11	0.07	0.18
Hg (mcg/l; mcg/g)	0.01	0.02	0.03	0.03	0.03	0.05
Fe (mg/l; mcg/g)	0.14	0.13	0.09	7781	5986	7705
Mn (mcg/l; mcg/g)	4.1	4.0	4.3	120	84	67
Zn (mcg/l; mcg/g)	27.4	16.8	16.4	49.3	28.6	28.3
Ni (mcg/l; mcg/g)	37.4	23.1	13.1	30.0	19.2	16.7



**Fig. 25** Interannual changes in the content of oil products and synthetic surfactants in water and bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in early autumn of 2013 - 2014



**Fig. 26** Interannual changes in the content of heavy metals in water and bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in early autumn of 2013 - 2014

The maps describing the spatial distribution of heavy metals in the water and the bottom sediments of the north-western sea part in 2014 (Fig. 11-18) show that as a result of the decrease in the river runoff metal distribution was of "spotty" pattern. In 2014 it was almost impossible to trace the migration route of heavy metals from the Volga delta to the deep depression of the Middle Caspian. The charts describing the distribution of heavy metals in the bottom sediments along the RSMS perimeter show this migration route as an oval extended from the north to the south. Figure 26 shows that in 2014 the pattern of heavy metals distribution with the exception of iron lost its oval shape. The maps of spatial distribution of heavy metals (Fig. 11-18) point to various, though sometimes combined ways of their entry to the water: from the adjacent water area (Ni, Pb), from on-land sources (Zn, Hg) and bottom sediments (Mn, Cu, Cd). The typical migration route (the Volga depression - the Terek - Sulak estuarine zone - the Derbent depression) can be traced only in the distribution of iron in the bottom sediments.

Table 25 shows the data on the content of polycyclic aromatic hydrocarbons, persistent organochlorine compounds (PAH and OCP) and phthalates in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in 2012 - 2014. The data show that the concentrations of PAH and PCB in the bottom sediments in 2014 were higher than in the previous year and lower than in 2012. The content of phthalates in the bottom sediments fell in 2014 as compared to the two previous years. The concentration of organochlorine pesticides (DDT, HCCH, benzachlor) in 2014 increased, though locally. The increased concentrations were registered only in the Terek - Sulak estuarine area, where the largest concentration of silt particles was found in the autumn of 2014. The ratio of DDT and its metabolites (DDD and DDE) points to the relatively new pollution of the bottom sediments with these organochlorine pesticides.

**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 2012-2014\*

Pollutant	September - October 2012	November - December 2012	September - October 2013	August - December 2014
Total PAH, mcg/kg	2.4-242	17.3-699	<0.03-309	<0.03-531
Total PAH, mcg/kg	<0.03-6.70	0.35-10.8	<0.03-2.12	0.10-2.50
Total, mcg/kg	<0.03-1.06	<0.03-4.87	<0.03-2.04	<0.03-8.70
Benzachlor, mcg/kg	<0.03-0.2	<0.03-0.25	<0.03-0.3	<0.03-0.40
Total DDT, mcg/kg	<0.03-1.15	<0.03-4.72	0.11-1.74	<0.03-6.50
Total HCCH, mcg/kg	<0.05	<0.05	<0.05-0.21	<0.05-1.80
Phthalates, mcg/kg	380-3920		130-17210	70-2320

The results of the research carried out in 2014 prove the conclusions made in the previous Review that the pollutants having entered the Caspian Sea with the river runoff and transboundary waters 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.

## Conclusion

The study of the state and pollution of the marine environment of the Caspian Sea north-western part in 2014 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 the Department for Managing Environmental Monitoring, Polar and Marine Activities of Roshydromet. In 2014, 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 106 marine observation points (oceanographic stations) (Fig. 1 and Table 1). The field survey season started in August and completed in December 2014.

As well as in the previous year, significant attention was paid to the observations of the state and pollution of the marine environment at the marine border of the Russian sector and the stations of the International Monitoring Programme of the Caspian Sea. The experimental work on the estimation of the transboundary transport of pollutants by means of the operational hydrodynamic model and with account of actual hydrometeorological and hydrochemical conditions were continued in 2014.

The Volga runoff which made 212 cu km in 2014 was substantially lower than in 2013 (257 cu km) and 2012 (230 cu km). Low water content had almost no effect on salinity distribution in the north-western sea part, because the active cyclonic water circulation in the Middle Caspian spread to the deeper sector of the North Caspian. As a result, salinity fell in the coastal areas and it rose only in the area of Middle Caspian water advection over the slope of the Mangyshlak threshold.

The research implemented in 2014 proves that the general pattern of granulometric fraction distribution in the bottom sediments of RSMS is mainly unvaried from year to year. Shell prevails in the open sea part with the exception of the deep depression in the Middle Caspian and in the southern part of Dagestan shelf. Coarse sand is accumulated in the north-eastern and the south-western sectors of the water area. Bottom sediments made up of fine sand and aleurite are typical of shallow areas of the western part of the North Caspian. Within the considered water area, pelite and organic matter aggregate in three sectors: the Volga depression, the northern part of Dagestan shelf and the Derbent depression.

At the same time, the water area under study can be described by the active dynamics of bottom sediments. It can be seen in temporal fluctuations of fractions content. In 2014 the share of aleurite in the bottom sediments of the North Caspian sharply increased (as the content of coarse sand fell). The content of pelite in the bottom sediments of the Middle Caspian coastal areas also rose (as the share of fine sand reduced). Apart from that, in 2014 the biggest content of pelite and organic matter was observed not in the terminal area of their accumulation (the Derbent depression) as before, but in transit areas (pelite - in Dagestan shelf, and organic matter - in the Volga depression).

Mean concentration of oil products in the water of the north-western part of the Caspian Sea in 2014 fell as compared to the two previous years (below 1 MPC). The spatial distribution changed as well. This decrease was more obviously caused by the decrease of oil products entry with the Volga runoff under the conditions of low water content. In contrast to the previous years, high OP concentrations were observed only in the shallow part of the Volga coastal estuary. Under these conditions, the main source of oil pollution in the north-western sea part was the advection of marine water from the eastern part of the Middle Caspian, which was quite oil-polluted (up to 2 MPCs).

The concentration of synthetic surfactants rose in the north-western part of the Caspian Sea in 2014. However this increase was observed only in the coastal areas of the Middle Caspian, while the content of synthetic surfactants fell in the North Caspian water. It is possible that as the entry of synthetic surfactants with the Volga runoff fell in 2014, the entry of these substances increased from the on-land sources located on Dagestan coast.

The concentrations of iron, zinc, nickel and copper decreased in the water of the north-western sea part in 2014 as compared to the two previous years; the content of cadmium and mercury rose, and the content of manganese and lead was unaffected. The concentrations of manganese, zinc, nickel and copper fell in the bottom sediments; the content of lead, cadmium and mercury rose, and the content of iron did not change. The concentrations of three heavy metals (iron, nickel and copper) in sea water exceeded MPC values for fishery water bodies: it can be explained by specific geochemical conditions of the RSMS water, as it receives the main part of surface water and chemical discharge entering this water body.

As a result of the decrease in the river runoff and the consequent decrease of metals entry with riverine water, metal distribution was of "spotty" pattern. In 2014 it was almost impossible to trace the migration route of heavy metals from the Volga delta to the Derbent depression. The patterns of spatial distribution of heavy metals point to various ways of their entry to the water: from the adjacent water area, on-land sources and bottom sediments. The typical migration route (the Volga depression - the Terek - Sulak estuarine zone - the Derbent depression) could be traced only in the distribution of iron in the bottom sediments.

The concentration of most super-toxic substances (synthetic surfactants, PCB and phthalates) in the bottom sediments of the north-western sea sector in 2014 did not exceed the values recorded in 2012-2013. The exception was the organochlorine pesticides (DDT, HCCH and benzachlor), which content in the bottom sediments increased. OCP pollution was local and was registered only in the Terek - Sulak estuarine area, where the largest concentration of silt particles was found in the autumn of 2014. The ratio of DDT and its metabolites (DDD and DDE) points to the relatively new pollution of the bottom sediments with organochlorine pesticides.

The results of the research carried out in 2014 prove the conclusions made in the previous Review that the pollutants (PS) having entered the Caspian Sea with the river runoff and transboundary waters are involved in different physical - chemical and biogeochemical processes. The amount of pollutants involved in these processes by many times exceeds the amount of pollutants entering the sea every year.

To perform an integrated assessment of marine environmental pollution in the north-western part of the Caspian Sea in 2014 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; 2) accumulation estimate; 3) load estimate. According to the ensemble assessment, the water area under consideration can be mainly assessed as moderately polluted and clean.

The integrated assessment of marine water quality was held using the marine water pollution index (WPI). In 2014 sea water in the north-western part of the Caspian Sea was generally assessed as clean, in some areas – as moderately polluted. The marine water quality improved in 2014 in comparison to the previous years.

In 2014, KaspMNIZ continued the study of transboundary pollutants transport according to the data of marine water pollution monitoring coupled with the results of current fields modelling with account of actual weather. "Southern" cross-section, which is the borderline between the Russian and the Azerbaijani sectors, was selected for the calculations. The estimation of transboundary transport of pollutants described by 4 parameters (total transport, outflow, inflow of pollutants and resultant transport) was done for 9 pollutants. The total pollutants transport was the most intensive in the western and eastern parts of the "Southern" cross-section and its value reduced with depth. Pollutants outflow was observed in the layer of 10-100 m, inflow in the layer of 150 -200 m. Both inflow and outflow were registered in the layers 0-10 and 100-150 m.

The developed technique for estimation of transboundary pollutants transport using modelling 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.

**ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ  
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2014 ГОДУ**

Под редакцией С.К. Монахова

Подписано в печать 19.05.2015 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](mailto: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](mailto:a-d-t@mail.ru)