



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

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

Federal State Budgetary Institution
"CASPIAN MARINE SCIENTIFIC RESEARCH CENTER"

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

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

REVIEW

**of the state and pollution of the marine environment in the
north-western part of the Caspian Sea in 2012**

Edited by S.K. Monakhov

Astrakhan 2014

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

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

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

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

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

О Б З О Р

**состояния и загрязнения морской среды
северо-западной части Каспийского моря в 2012 году**

Под редакцией С.К. Монахова

Астрахань 2014

УДК 504.064
ББК 20.1

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2012 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 2012 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 2012

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

ISBN 978-5-91910-318-9

© Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2014
© Составление и оформление: Каспийский морской научно-исследовательский центр, 2014

Содержание

Введение	7
1 Организация и проведение работ	8
2 Химический сток в море с территории России	13
3 Гидролого-гидрохимические условия	16
4 Литолого-химические условия	20
5 Загрязненность морских вод и донных отложений	27
6 Стойкие органические загрязнители	37
7 Комплексная оценка загрязнения морской среды	40
Заключение	43

Исполнители

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

«Астраханский ЦГМС» - филиал:

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

«Дагестанский ЦГМС» - филиал:

П.В. Поставик, Д.П. Поставик, С.Ш. Османова, Г.М. Сафин, 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, Е.В. Гаврилова, М.В. Войнова, И.Г. Радованова, Н.С. Чернышова, А.В. Суслов, И.Н. Волков, Е.Н. Коноваленко, К.И. Асаева, О. И. Холина, Л.Ю. Великороднова

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

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

ФГБУ «Научно-производственное объединение «Тайфун»:

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

Table of contents

Introduction	45
1 Management and implementation of activities	46
2 Chemical runoff to the sea from the territory of Russia	51
3 Hydrological and hydrochemical conditions	54
4 Lithological and chemical conditions	58
5 Pollution of sea water and bottom sediments	65
6 Persistent organic pollutants	75
7 Integrated assessment of marine environmental pollution	78
Conclusion	81

Executors

FSBI "North Caucasian Department for Hydrometeorology and Environmental Monitoring:

"Astrakhan Hydrometeorological Centre" - branch:

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

"Dagestan Hydrometeorological Centre" - branch:

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

FSBI "Caspian marine scientific research centre"

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

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

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

"Science and production association "Typhoon"

D. Samsonov, A. Kochetkov, G. Khomushku, A. Pantyukhina, E. Pasyukova, N. Stepanova, N. Kolesnikova

Введение

Исследования состояния и загрязненности морской среды в северо-западной части Каспийского моря в 2012 году проводились в составе «Мероприятий по восстановлению функционирования пунктов государственной наблюдательной сети» ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.», утвержденных приказом Росгидромета № 308 от 04.06.2012 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 явилась 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.

Регулярные наблюдения за загрязнением морских вод в Советском Союзе начались в 1966 году, систематический характер приобрели в 1977 г. после утверждения I очереди Программы ОГСНК. Начиная с 1986 года эти наблюдения проводились в соответствии со II очередью Программы ОГСНК в прибрежных районах и в открытой части моря. После распада Советского Союза и практически полного прекращения финансирования экспедиционных работ наблюдения в открытой части Каспийского моря были прекращены. Недостаток средств привел также к моральному и техническому износу приборного парка.

Между тем, после вступления в силу в августе 2006 года Рамочной конвенции по защите морской среды Каспийского моря при содействии ЮНЕП и КЭП/КАСПЭКО началась разработка совместной программы экологического мониторинга Каспийского моря (далее именуемой международной программой мониторинга – МПМ), проект которой был одобрен Конференцией сторон. Осуществление совместного мониторинга предусматривается также прилагаемым к данной конвенции Протоколом по защите моря от загрязнения из наземных источников, который согласован сторонами и готовится к подписанию.

С учетом названных выше обстоятельств основные задачи «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» были 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 МПМ;
- 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 2012 году в рамках «Программы мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря на 2012-2014 гг.» были проведены две широкомасштабные экспедиции и выполнен большой объем лабораторных исследований, в которых принимали участие специалисты оперативно-производственных и научных учреждений Росгидромета: Астраханского и Дагестанского ЦГМС, Каспийского морского научно-исследовательского центра (КаспМНИЦ), Государственного океанографического института (ГОИН), Научно-производственного объединения «Тайфун».

На основе полученных материалов сначала был подготовлен 6-ти томный технический отчет, затем 2-х томный научно-технический отчет. Настоящий обзор – это итог последнего обобщения полученных материалов, выполненного совместно КаспМНИЦ и ГОИН. Обзор состоит из нескольких разделов. Первый раздел содержит информацию об организации и проведении работ. Во втором разделе приводится характеристика химического стока с территории РФ в Каспийское море осенью 2012 года. Далее следуют разделы, характеризующие гидролого-гидрохимические, литолого-химические условия, пространственно-временную изменчивость загрязненности морских вод и донных отложений в период проведения экспедиционных работ. Затем кратко освещаются результаты специальных исследований, выполненных в 2012 году в рамках научно-технического обеспечения мониторинга трансграничных водных объектов. В последнем разделе дана комплексная оценка загрязнения морской среды, а в заключении обозначены основные итоги выполненных работ.

1. Организация и проведение работ

В 2012 году экспедиционные работы в рамках мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря выполнялись в 10 районах и на 7 разрезах (в т.ч. 2 «вековых»), а также в дельтах 3-х рек (Волги, Терека и Сулака), на 104 морских пунктах (океанографических станциях) и в 11 пунктах наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши (рис. 1. и табл. 1). Экспедиционные работы выполнялись в 2 этапа. Первый этап охватывал период с 20 сентября по 26 октября, а второй – с 1 ноября по 3 декабря.

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

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

Все судовые метеорологические, гидрологические и гидрохимические наблюдения, а также отбор проб воды, донных отложений и взвеси проводились в соответствии с требованиями нормативно-технических документов (РД, ГОСТ, ГОСТ-Р), наставлениями, руководствами, методическими указаниями. Для проведения наблюдений и измерений использовались проверенные 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 проб воды 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 и взвеси, независимо от того, где были отобраны пробы, проводился КаспМНИЦ с привлечением специализированных аккредитованных организаций.

Анализ всех проб воды, взвеси и донных отложений на тяжелые металлы, независимо от того, где они были отобраны, проводился аккредитованной лабораторией Астраханского ЦГМС. В отдельных пробах воды, донных отложений и взвеси проводилось параллельное определение тяжелых металлов в лаборатории ГОИН и НПО «Тайфун».

Анализ проб воды и донных отложений на стойкие органические загрязнители (ХОП, ПХБ, ПАУ и фталаты) проводился НПО «Тайфун».

Метеорологические наблюдения проводились во всех пунктах, гидрологические и гидрохимические – также во всех пунктах в поверхностном и придонном слоях воды, за исключением дельт рек и мелководных районов, где эти наблюдения охватывали только поверхностный слой воды. Литолого-химические наблюдения проводились во всех пунктах, за исключением дельт рек. Определение нестойких органических загрязнителей и тяжелых металлов

проводилось во всех пробах воды и донных отложений. Отбор и анализ проб взвеси проводился в основном в мелководных районах. Анализ проб воды и донных отложений на стойкие органические загрязнители носил избирательный характер с ориентацией на станции международной программы мониторинга.

Организационно-методическое обеспечение работ осуществлялось КаспМНИЦ. Научно-техническое обеспечение работ по зоне ответственности Астраханского ЦГМС осуществлялось ГОИН. Научно-техническое обеспечение работ по зоне ответственности Дагестанского ЦГМС осуществлялось КаспМНИЦ. Астраханским и Дагестанским ЦГМС были подготовлены сводные технические отчеты. ГОИН и КаспМНИЦ совместно подготовили научно-технический отчет и настоящий обзор.

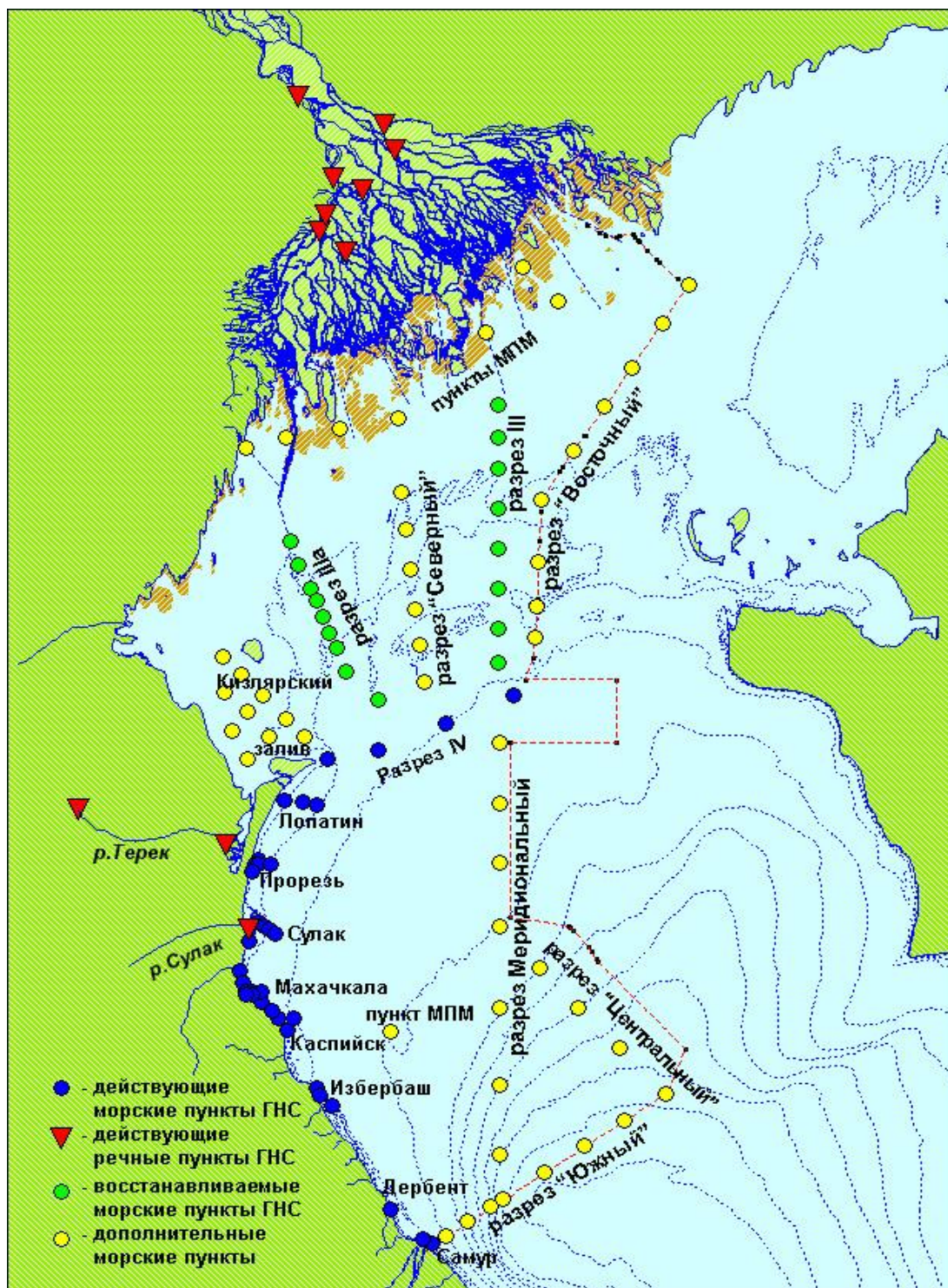


Рис. 1. Схема расположения пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2012 г.

Таблица 1

Перечень районов и пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением
трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2012 г.

Наименование и/или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
1. Пункты ГНС в дельте Волги		
с. Верхнее Лебяжье	47° 48'	46° 45'
г. Астрахань	48° 00'	46° 25'
г. Астрахань	47° 57'	46° 16'
р. Кривая Болда	48° 10'	46° 22'
с. Подчалык	48° 17'	46° 38'
п. Ильинка	47° 55'	46° 12'
г. Камызяк	48° 04'	46° 07'
с. Красный Яр	48° 21'	46° 32'
2. Пункты МПМ на взморье Волги		
1мп	49°16' 05.23"	45°54' 56.43"
2мп	49°04' 23.17"	46°03' 19.24"
3мп	48°51' 25.97"	45°47' 06.78"
4мп	48°21' 40.66"	45°25' 38.17"
5мп	48°01' 48.37"	45°23' 11.86"
6мп	47°43' 35.46"	45°20' 48.50"
7мп	47°30' 11.15"	45°18' 18.26"
3. Разрез «Восточный»		
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'
4. Разрез III ГНС		
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'
5. Разрез Северный		
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'

Наименование и/или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
6. Разрез Ша ГНС		
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'
7. Пункты ГНС в дельтах Терека и Сулака		
Каргалинский г/у	46° 33'	43° 47'
Аликазган	47° 23'	43° 38'
пгт. Сулак	47° 31'	43° 16'
8. Кизлярский залив		
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' 00"
9. Лопатин		
4	47° 43' 07"	43° 49' 08"
5	47° 49' 07"	43° 49' 01"
6	47° 54' 02"	43° 48' 02"
10. Прорезь		
7	47° 34' 20"	43° 34' 08"
8	47° 33' 00"	43° 33'
9	47° 34' 06"	43° 33"
10 (ст. 9мп)	47° 38' 07"	43° 33"
11	47° 32' 07"	43° 31' 06"
11. Сулак		
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'

Наименование и/или номер пункта	Координаты	
	Долгота	Широта
12. Махачкала		
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"
13. Каспийск		
23	47° 41' 00"	42° 53' 08"
22	47° 39' 04"	42° 55' 07"
39 (ст. 12мп)	47° 44' 01"	42° 50' 00"
40	47° 46' 06"	42° 53' 06"
14. Избербаш		
24 (ст. 13мп)	47° 55' 06"	42° 33' 06"
25	47° 59' 06"	42° 30' 08"
26	47° 54' 08"	42° 35' 00"
15. Дербент		
27	48° 19' 40"	42° 03' 05"
28 (ст. 14мп)	48° 19' 00"	42° 03' 09"
16. Самур		
29	48° 33' 04"	41° 54' 20"
30 (ст. 15мп)	48° 30' 00"	41° 55' 40"
17. Разрез Меридиональный		
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"
18. Разрез Центральный		
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"
19. Разрез Южный		
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"

2. Химический сток рек в Каспийское море с территории России

Химический сток рек в Каспийское море с территории РФ формируется под влиянием как природных, так и антропогенных факторов. Так, строительство водохранилищ существенным образом повлияло на химический состав воды Волги в нижнем течении реки: уменьшилась концентрация взвешенных веществ, повысилась минерализация воды, снизилось содержание минеральных биогенных солей (фосфатов, нитратов) и повысилась концентрация органического вещества в воде.

Для современного периода (точкой отсчета которого можно считать начало текущего столетия) характерно снижение концентрации нефтепродуктов, СПАВ и хлорорганических пестицидов в воде Нижней Волги по сравнению с последними десятилетиями прошлого века. Однако концентрация некоторых тяжелых металлов (железа, цинка, никеля и меди) остается повышенной.

Для Терека и Сулака характерна относительно низкая минерализация вод, при этом в р. Сулак она выше, чем в р. Терек, в основном за счет повышенной концентрации сульфатов, хлоридов и магния, которая в свою очередь обусловлена особенностями химического состава вод одного из притоков Сулака – р. Андийское Койсу, а также зарегулированием стока реки.

Результаты химического анализа проб, отобранных осенью 2012 года, показывают, что воды рр. Терек и Сулак обогащены кислородом, при этом содержание органических веществ, судя по значениям БПК и ХПК, относительно низко. Концентрация минерального фосфора в водах р. Сулак ниже, чем в терских водах, что объясняется развитием фитопланктона в водохранилищах. Уровень содержания других биогенных солей (нитратов, силикатов) в основном обусловлен геохимическими факторами.

Концентрация загрязняющих веществ (нефтепродуктов, СПАВ, фенолов, цинка и меди) в водах р. Терек заметно выше, чем в водах р. Сулак. Это связано с тем, что бассейн Терека в хозяйственном отношении освоен лучше, чем бассейн Сулака, где нет ни одного промышленного предприятия, кроме консервных заводов.

Оценка качества вод осенью 2012 года проводилась в соответствии с РД 52.24.643-2002 «Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям». По данным наблюдений Росгидромета в последние годы (2005-2010 гг.) состояние загрязненности воды р. Волга и ее водохранилищ оценивается разрядом «б» 3-го класса – вода «очень загрязненная» или разрядом «а» класса – вода «грязная».

Характерными загрязняющими веществами в воде р. Волга и ее водохранилищах являются: соединения металлов (Fe, Zn, Cu, Mn), органические вещества (по ХПК), легкоокисляемые ОВ (по БПК₅), фенолы, нефтепродукты. Превышения ПДК по этим параметрам фиксируется в отдельные годы или ежегодно в 50-100% случаев от общего числа проанализированных проб воды. На участке Нижней Волги характерными загрязняющими веществами в отдельные годы также являлись соединения ртути.

Осенью 2012 года воды р. Волга во всех пунктах, расположенных в дельте (за исключением одного), относились к 4-му классу («грязные»). В пункте Красный Яр воды принадлежали к 3б классу («очень загрязненные»). В качестве единственного критического показателя во всех реках и пунктах наблюдений выступала концентрация меди, концентрация которой в речной воде в 3-7 раз превышала ПДК для рыбохозяйственных водоемов. По данным исследований, проведенных осенью 2012 года, воды рр. Терек и Сулак относились к 3-му классу качества вод («загрязненные» и «очень загрязненные»).

На основании данных о химическом составе вод и информации об объеме водного стока, представленной Астраханским и Дагестанским ЦГМС, был рассчитан химический сток рек России в Каспийское море осенью 2012 года. Для расчета химического стока Волги использовались данные о стоке воды в вершине дельты и усредненные данные о химическом составе воды в дельте Волги (табл. 2). Для расчета химического стока рек Терек и Сулак использовались данные гидрологических и гидрохимических наблюдений на посту Аликазган и на посту пгт. Сулак соответственно.

Таблица 2

Водный и химический сток р. Волга в Каспийское море осенью 2012 года

Показатели стока	сентябрь	октябрь	ноябрь	Всего
Сток воды, куб. км	12,57	12,83	14,72	40,12
Взвешенные вещества, тыс. т	57,8	146,3	60,4	264,4
Растворенный кислород, тыс. т	106,6	110,1	143,7	360,3
БПК ₅ , тыс. т	29,0	26,3	34,0	89,3
ХПК, тыс. т	403,2	331,1	354,8	1089,1
Кальций, тыс. т	500,3	369,5	496,1	1365,9
Магний, тыс. т	127,0	238,6	269,4	635,0
Натрий - калий, тыс. т	808,3	866,0	862,6	2536,9
Гидрокарбонаты, тыс. т	1778,7	1660,2	2125,6	5564,4
Сульфаты, тыс. т	1529,8	1421,6	1454,3	4405,7
Хлориды, тыс. т	267,7	591,5	625,6	1484,8
Фосфор минеральный, тыс. т	0,63	0,51	0,44	1,58
Нитриты, тыс. т	0,36	0,05	0,07	0,49
Нитраты, тыс. т	2,26	1,54	4,12	7,92
Азот аммонийный, тыс. т	0,25	0,13	0,15	0,53
Силикаты, тыс. т	181,1	171,5	199,2	551,8
Минерализация, тыс.т	5024,2	5155,1	5854,1	16033,5
Нефтепродукты, тыс. т	0,50	0,90	0,59	1,99
СПАВ, тыс. т	0,88	0,64	0,74	2,26
Фенолы, тыс. т	0,01	0,01	0,01	0,04
Железо общее, тыс. т	2,77	3,08	4,12	9,97
Марганец, т	91,76	80,83	72,13	244,72
Цинк, т	140,78	121,89	247,30	509,97
Никель, т	202,38	347,69	125,12	675,19
Медь, т	84,22	48,75	101,57	234,54
Свинец, т	6,41	20,91	44,60	71,93
Молибден, т	2,51	1,67	1,62	5,80
Кобальт, т	1,63	1,41	1,47	4,52
Кадмий, т	0,38	0,51	0,74	1,63
Ртуть, т	0,15	0,01	0,06	0,22
Олово, т	20,49	17,45	40,92	78,86
Хром, т	11,56	6,03	7,51	25,10
ДДТ, т	-	0,024	-	-
ДДЭ, т	-	0,017	-	-
γ-ГХЦГ, т	-	0,003	-	-
α-ГХЦГ, т	-	0,034	-	-

Для сравнительной характеристики вклада различных рек в химический сток с территории РФ в Каспийское море использовались данные за октябрь, когда наблюдения проводились одновременно на всех реках. Как видно из таблицы 3, река Волга в силу того, что ее водный сток более чем на порядок превышает водный сток кавказских рек, вносит основной вклад (до 90% и выше) в химический сток с территории РФ. Вклад кавказских рек ощутим только в стоке взвешенных веществ и минеральных соединений азота, что объясняется зарегулированием волжского стока (в водохранилищах осаждаются взвеси и поглощаются фитопланктоном и водной растительностью биогенные соли).

В октябре водный сток р. Терек не отличался столь заметно, как это было в августе, от стока р. Сулак. Поэтому различия в химическом стоке были в основном обусловлены различием в химическом составе воды. В связи с этим следует отметить, что вклад реки Терек в загрязнение Каспия заметно выше, чем реки Сулак. Исключением является сток железа, который в силу геохимических особенностей, осенью 2012 года у Сулака был выше, чем у Терека.

Таблица 3

Химический сток рек с территории РФ в Каспийское море в октябре 2012 года

Гидрохимические показатели	р. Волга		р. Терек		р. Сулак		Всего	
	<i>Ед. массы</i>	%	<i>Ед. массы</i>	%	<i>Ед. массы</i>	%	<i>Ед. массы</i>	%
Взвешенные вещества, тыс. т	146,3	53,7	108,42	39,8	17,69	6,5	272,41	100
Растворенный кислород, тыс. т	110,1	96,0	2,83	2,5	1,81	1,6	114,74	100
БПК ₅ , тыс. т	26,3	98,5	0,23	0,9	0,16	0,6	26,69	100
ХПК, тыс. т	331,1	98,7	3,05	0,9	1,35	0,4	335,5	100
Кальций, тыс. т	369,5	92,1	19,43	4,8	12,12	3,0	401,05	100
Магний, тыс. т	238,6	96,1	4,16	1,7	5,47	2,2	248,23	100
Натрий - калий, тыс. т	866	99,7	1,11	0,1	1,69	0,2	868,8	100
Гидрокарбонаты, тыс. т	1660,2	95,6	48,48	2,8	27,68	1,6	1736,36	100
Сульфаты, тыс. т	1421,6	97,3	15,92	1,1	23,38	1,6	1460,9	100
Хлориды, тыс. т	591,5	97,9	7,02	1,2	5,63	0,9	604,15	100
Минерализация, тыс. т	5155,1	96,7	98,04	1,8	77,75	1,5	5330,89	100
Фосфаты, тыс. т	0,51	97,1	0,012	2,3	0,003	0,6	0,525	100
Нитриты, тыс. т	0,05	68,5	0,016	21,9	0,007	9,6	0,073	100
Нитраты, тыс. т	1,54	29,6	1,888	36,3	1,771	34,1	5,199	100
Азот аммонийный, тыс. т	0,13	76,0	0,009	5,3	0,032	18,7	0,171	100
Силикаты, тыс. т	171,5	98,7	1,73	1,0	0,52	0,3	173,75	100
Нефтепродукты, тыс. т	0,9	95,1	0,0339	3,6	0,0121	1,3	0,946	100
СПАВ, тыс. т	0,64	98,4	0,0074	1,1	0,003	0,5	0,6504	100
Фенолы, тыс. т	0,01	88,5	0,0009	8,0	0,0004	3,5	0,0113	100
Железо общее, тыс. т	3,08	98,7	0,0123	0,4	0,0281	0,9	3,1204	100
Цинк, т	121,89	98,2	1,45	1,2	0,84	0,7	124,18	100
Медь, т	48,75	95,6	1,51	3,0	0,74	1,5	51,00	100

3. Гидролого-гидрохимические условия

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 4.

Таблица 4

Схема укрупнения районов проведения экспедиционных работ

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

Температура воды

В начале осени температура воды на поверхности моря, естественно, была выше, чем в придонном слое (табл. 5). При этом размах колебаний температуры у дна был шире, чем в поверхностном слое воды (рис. 2-3). Сезонное выхолаживание привело к сглаживанию различия по температуре между поверхностным и придонным слоями воды. При этом размах колебаний температуры воды на поверхности стал шире, чем в придонном слое.

Соленость воды

Решающими факторами, определяющими динамику солености в северо-западной части моря, являются сток Волги и течение, несущее опресненные воды вдоль западного побережья моря. В силу названных причин осенью 2012 г. соленость воды, как обычно, повышалась в направлении от берега в море и от поверхности ко дну (рис. 4-5). При этом горизонтальные и вертикальные градиенты солености в Северном Каспии были выражены более ярко, чем в Среднем Каспии. Сезонную динамику солености по своей выразительности не сравнить с таковой для температуры воды. Можно отметить, что осенью 2012 г., благодаря восточным ветрам, изогалины прижались к берегу, поэтому в прибрежных районах соленость воды снизилась, а в открытых либо повысилась, либо осталась без изменений.

Растворенный кислород

Осенью при усилении штормовой активности распределение кислорода у поверхности, в хорошо перемешиваемом слое воды, в основном определяется температурой и соленостью – факторами, определяющими растворимость кислорода. В придонных слоях, не подверженных ветровому перемешиванию и осенней конвекции, концентрация кислорода уменьшается с глубиной. Осенью концентрация кислорода в поверхностном слое повышается (за счет увеличения растворимости в холодной воде), а в придонном слое – снижается за счет его расходования на окисление ОВ. Таковы известные черты динамики кислорода в северо-западной части моря в осенний сезон, которые были полностью воспроизведены осенью 2012 года (табл. 7 и рис. 6-7).

Таблица 5

Температура воды в северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, °С

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
поверхностный слой							
Северный Каспий	прибрежная	21,9	23,2	20,3	6,2	9,2	4,1
	открытая	18,3	22,4	14,8	12,1	18,1	8,4
Средний Каспий	прибрежная	20,9	23,6	18,0	12,2	17,3	5,5
	открытая	23,0	24,2	21,1	13,3	14,5	12,4
придонный слой							
Северный Каспий	открытая	17,7	21,3	11,8	12,5	18,4	9,0
Средний Каспий	прибрежная	20,9	23,6	18,0	12,5	16,9	5,6
	открытая	8,2	13,5	5,9	6,8	13,0	5,2

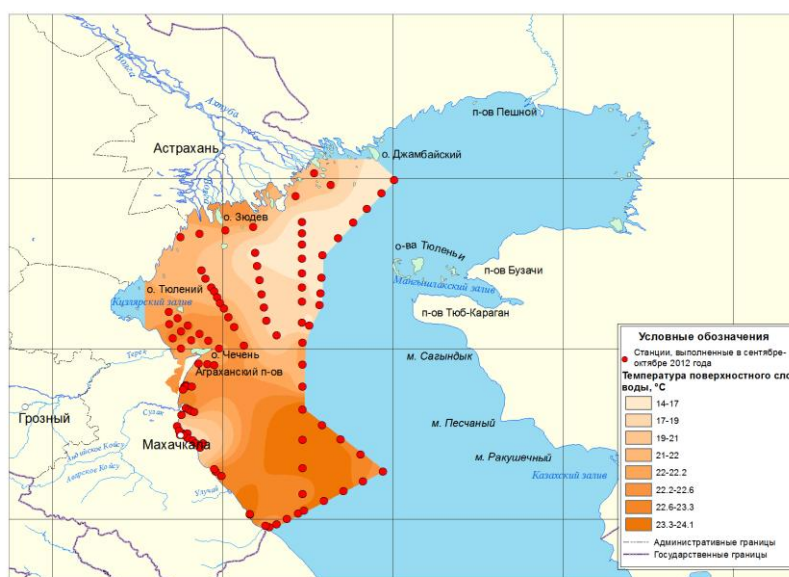


Рис. 2 Пространственное распределение температуры поверхностного слоя воды (°С) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

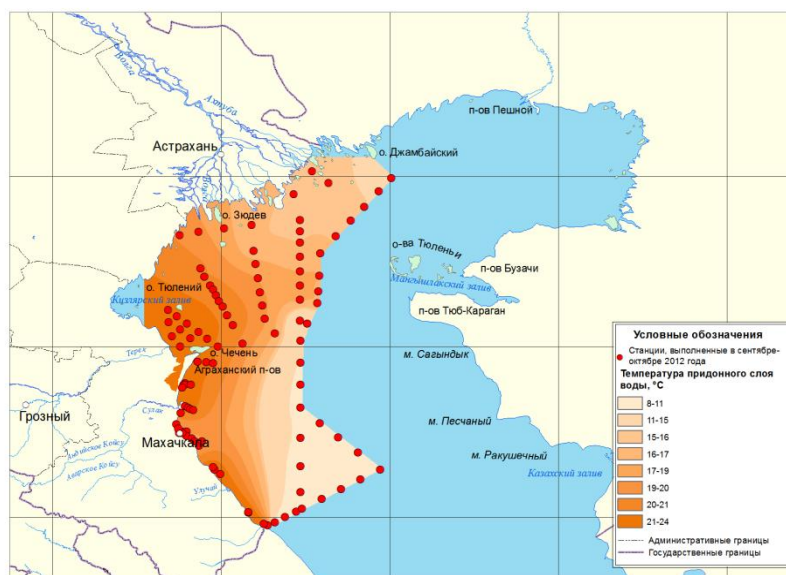


Рис. 3 Пространственное распределение температуры придонного слоя воды (°С) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

Таблица 6

Соленость воды в северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, ‰

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
поверхностный слой							
Северный Каспий	прибрежная	3,3	9,9	0,4	2,5	5,62	0,38
	открытая	9,3	12,2	2,9	9,6	12,26	4,25
Средний Каспий	прибрежная	10,3	11,9	7,2	9,9	11,74	5,98
	открытая	12,3	12,6	12,0	12,3	12,53	11,62
придонный слой							
Северный Каспий	открытая	9,7	12,5	3,0	10,6	12,56	4,31
Средний Каспий	прибрежная	10,6	11,9	7,3	10,2	16,9	5,6
	открытая	12,5	12,8	12,2	12,5	12,68	11,75

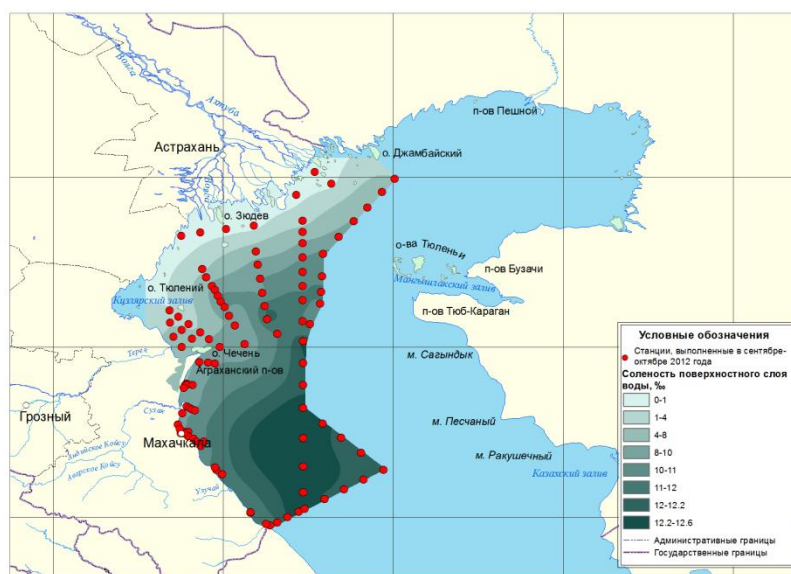


Рис. 4 Пространственное распределение солености поверхностного слоя воды (‰) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

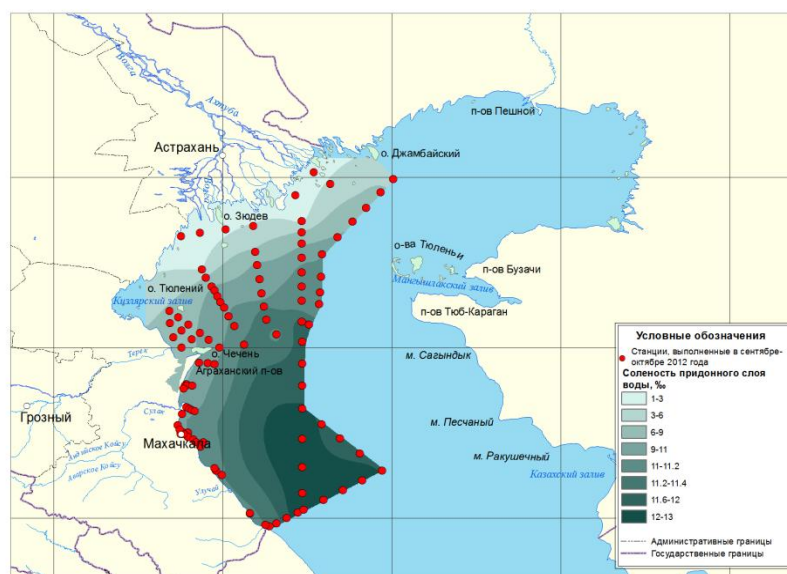


Рис. 5 Пространственное распределение солености придонного слоя воды (‰) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

**Растворенный кислород в водах северо-западной части
Каспийского моря осенью 2012 года, мг/л**

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
поверхностный слой							
Северный Каспий	прибрежная	9,20	9,9	8,4	11,67	12,44	10,87
	открытая	8,90	10,1	8,1	9,99	11,99	8,79
Средний Каспий	прибрежная	8,40	10,4	6,8	10,22	11,93	8,68
	открытая	8,10	8,3	7,8	9,68	10,63	8,89
придонный слой							
Северный Каспий	открытая	9,70	10,2	7,0	9,43	12,03	8,36
Средний Каспий	прибрежная	8,00	9,2	7,0	10,10	10,78	8,56
	открытая	4,60	8,8	0,3	4,25	8,50	0,69

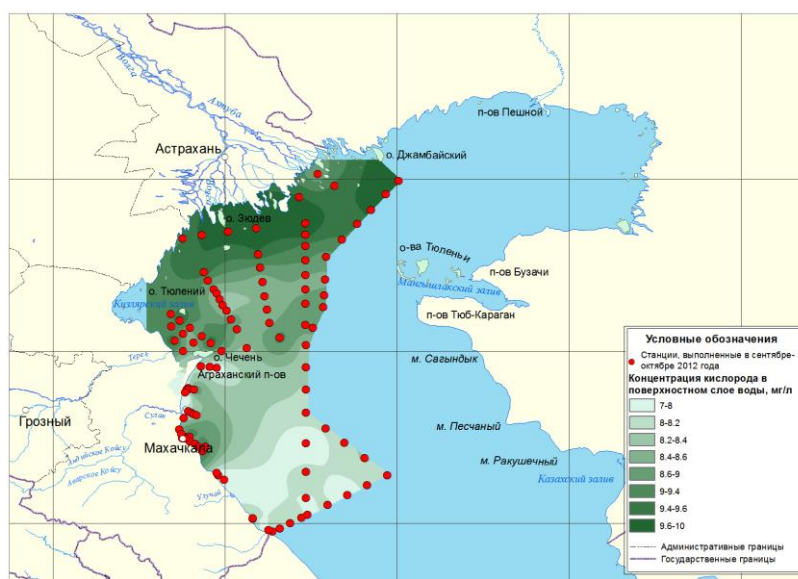


Рис. 6 Пространственное распределение растворенного кислорода в поверхностном слое воды (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

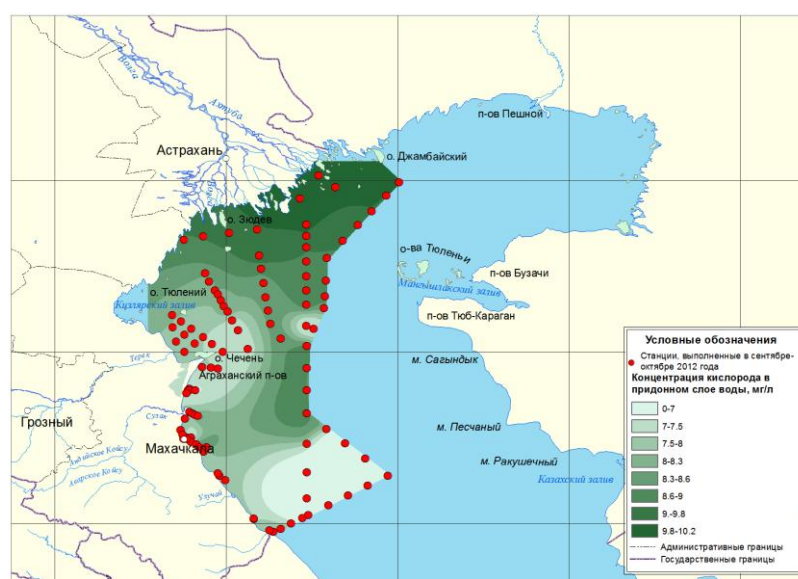


Рис. 7 Пространственное распределение растворенного кислорода в придонном слое воды (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

4. Литолого-химические условия

Гранулометрический состав: ракуша

В северо-западной части Каспийского моря на глубинах от 10 до 100 метров ракуша нередко является доминирующим компонентом современных морских осадков, ее относительное содержание на отдельных станциях может достигать 70-90%. Осенью 2012 года поля ракуши были выделены в центральной котловине западной части Северного Каспия, на шельфовой равнине Среднего Каспия, расположенной между Мангышлакским порогом и Дербентской котловиной, а также в южной части Дагестанского шельфа (рис.8-9). Характер пространственного распределения ракуши в северо-западной части моря достаточно постоянен, а относительное содержание данной фракции подвержено определенным, хоть и небольшим колебаниям (табл. 8), обусловленным динамикой тонкозернистых осадков.

Гранулометрический состав: крупный песок

В северо-западной части Каспийского моря крупный песок достаточно редко выступает в качестве доминирующей фракции (табл. 9). Осенью 2012 относительно высокое (20-30%) содержание крупного песка было зафиксировано на Кулалинском и Мангышлакском порогах, первый из которых разделяет восточную и западную части Северного Каспия, а второй – Северный и Средний Каспий (рис. 10-11). Повышенное содержание крупного песка наблюдалось также в южной части Дагестанского шельфа. Характер пространственного распределения данной фракции не претерпел существенных изменений от ранней к поздней осени.

Гранулометрический состав: мелкий песок

Относительное содержание мелкого песка в северо-каспийских донных отложениях в среднем в несколько раз выше, чем в средне-каспийских, что можно считать основной чертой пространственного распределения мелкого песка в современных осадках северо-западной части Каспийского моря (табл. 10). В Северном Каспии мелкий песок преобладает в донных отложениях мелководной зоны взморья Волги и в южной части Волжской бороздины, между о.Чечень и банкой Большая Жемчужная (рис. 12-13). Эти зоны аккумуляции мелкого песка являются стабильными, они не подвержены сезонным колебаниям.

Гранулометрический состав: алеврит

Алеврит редко выступает в качестве доминирующей фракции современных морских осадков северо-западной части Каспийского моря. Основной чертой пространственного распределения данной фракции является ее повышенное содержание в донных отложениях прибрежных районов (табл. 11). Осенью 2012 года повышенная концентрация алеврита отмечена на свале глубин взморья Волги, в Кизлярском заливе и прилегающем к нему районе, расположенном между островами Тюлений и Чечень. Эти зоны аккумуляции алеврита являются стабильными (рис. 14-15).

Гранулометрический состав: пелит

Для современных морских осадков северо-западной части Каспийского моря характерно более высокое содержание пелита в средне-каспийских донных отложениях, по сравнению с северо-каспийскими (табл. 12). В Среднем Каспии пелит преобладает в осадках северной части Дагестанского шельфа и на склоне Дербентской котловины, в Северном Каспии локальная зона аккумуляции пелита расположена в северной части Волжской бороздины (рис. 16-17). В Северном Каспии от ранней к поздней осени концентрация пелита в донных отложениях снизилась, а в Среднем Каспии повысилась (табл. 12). Это говорит о том, что осенью при усилении штормовой активности и циклонической циркуляции ускоряется вынос илистых частиц из Северного в Средний Каспий.

Органическое вещество (ОВ)

Динамика ОВ в современных морских осадках северо-западной части моря во многом схожа с динамикой пелита. Зоны аккумуляции ОВ в Среднем Каспии локализуются в северной части Дагестанского шельфа и на склоне Дербентской котловины, в Северном Каспии – в северной части Волжской бороздины (рис. 18-19). В Северном Каспии от ранней к поздней осени концентрация ОВ (как и пелита) в донных отложениях снизилась, в Среднем Каспии повысилась (табл. 13). Это говорит о том, что осенью при усилении штормовой активности и циклонической циркуляции вместе с илистыми частицами из Северного в Средний Каспий выносятся взвешенное органическое вещество.

Таблица 8

Ракуша (размер частиц более 1,6 мм) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	7,1	28,7	0,2	6,2	19,4	0,0
	открытая	21,7	76,9	0,4	21,3	72,4	2,2
Средний Каспий	прибрежная	9,2	65,0	0,0	7,1	67,1	0,0
	открытая	24,8	84,8	0,0	19,5	94,0	0,0

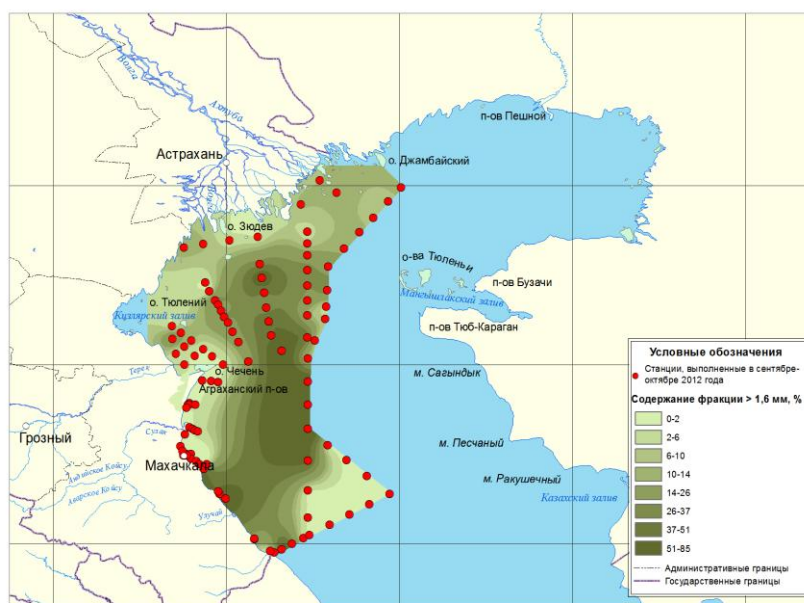


Рис. 8 Пространственное распределение ракуши в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

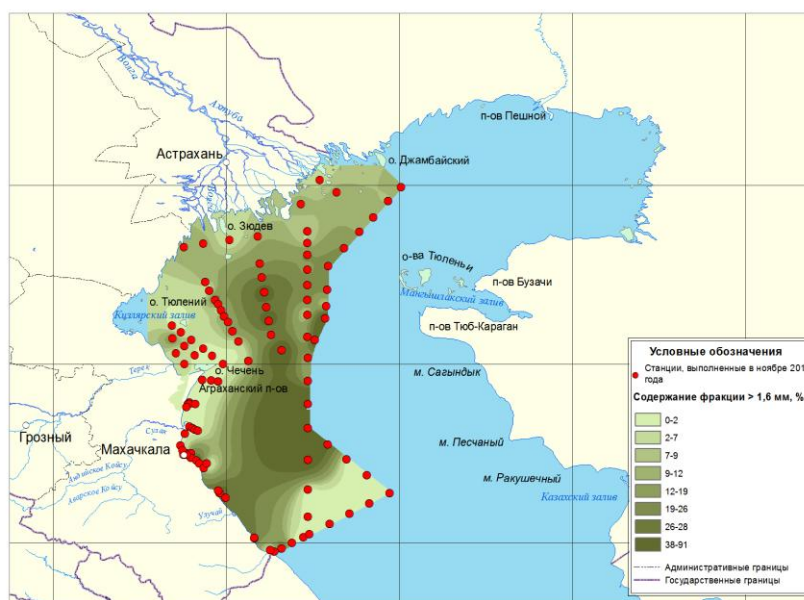


Рис. 9 Пространственное распределение ракуши в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

Таблица 9

Крупный песок (1,6-0,4 мм) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	8,6	28,3	0,9	13,0	65,7	0,6
	открытая	27,1	78,2	1,8	26,0	72,5	1,7
Средний Каспий	прибрежная	11,3	63,5	0,1	6,8	46,8	0,2
	открытая	6,3	35,6	0,0	4,0	18,2	0,2

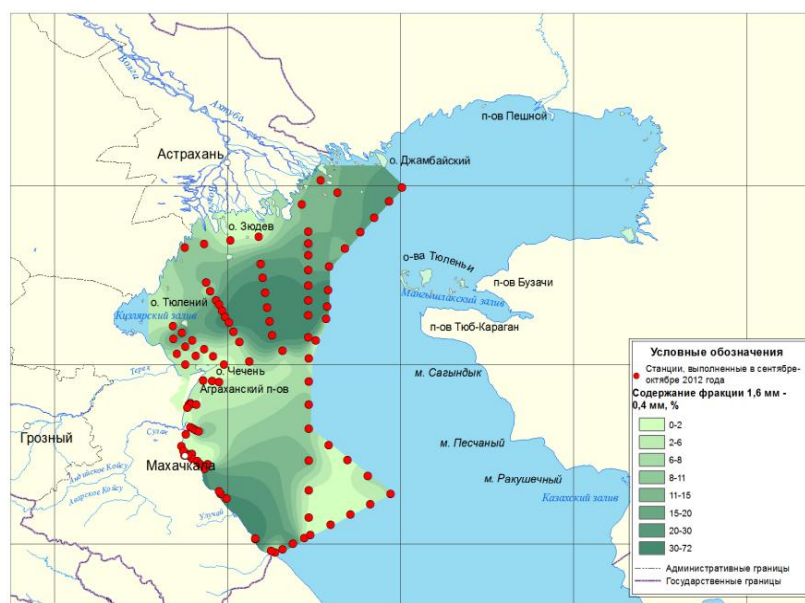


Рис. 10 Пространственное распределение крупного песка в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

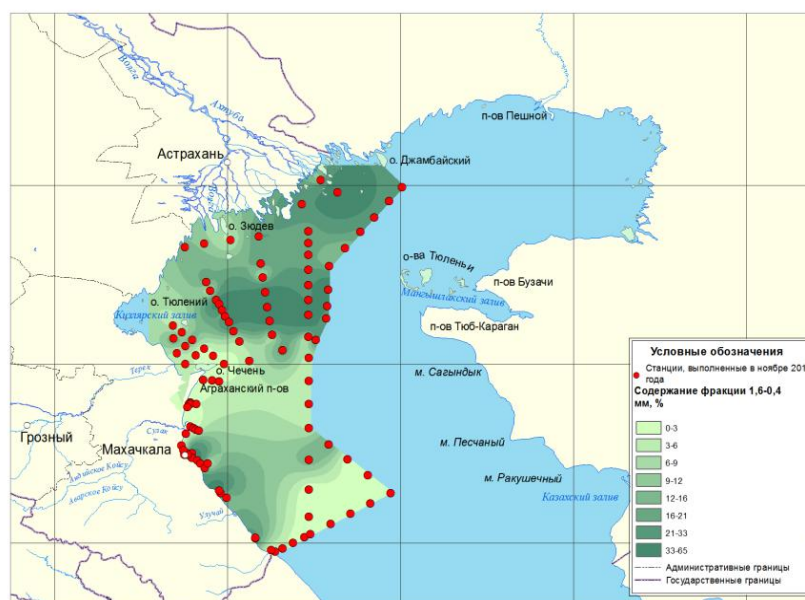


Рис. 11 Пространственное распределение крупного песка в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

Мелкий песок (0,4-0,1 мм) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	48,2	70,75	5,99	38,2	27,8	4,6
	открытая	33,7	70,74	2,42	41,7	35,8	4,9
Средний Каспий	прибрежная	18,6	88,1	0,4	15,6	59,7	3,9
	открытая	8,5	54,0	0,0	12,0	93,0	29,9

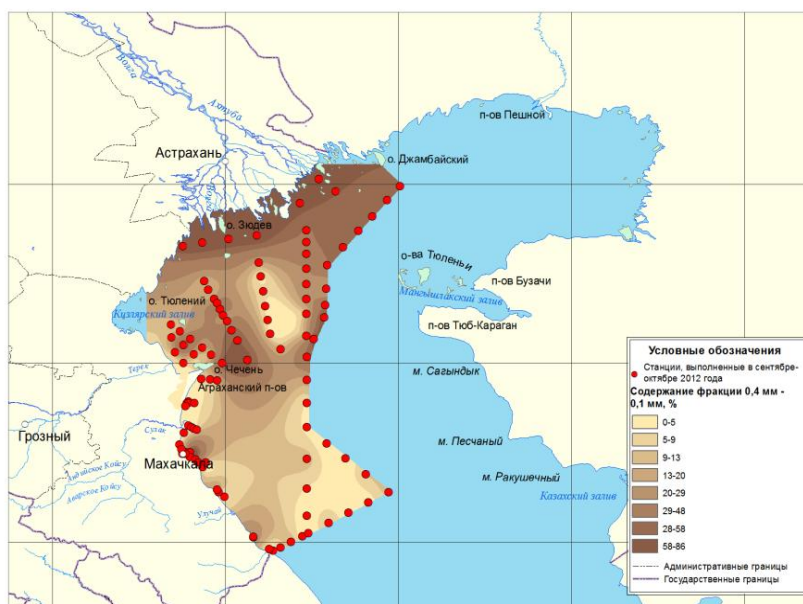


Рис. 12 Пространственное распределение мелкого песка в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

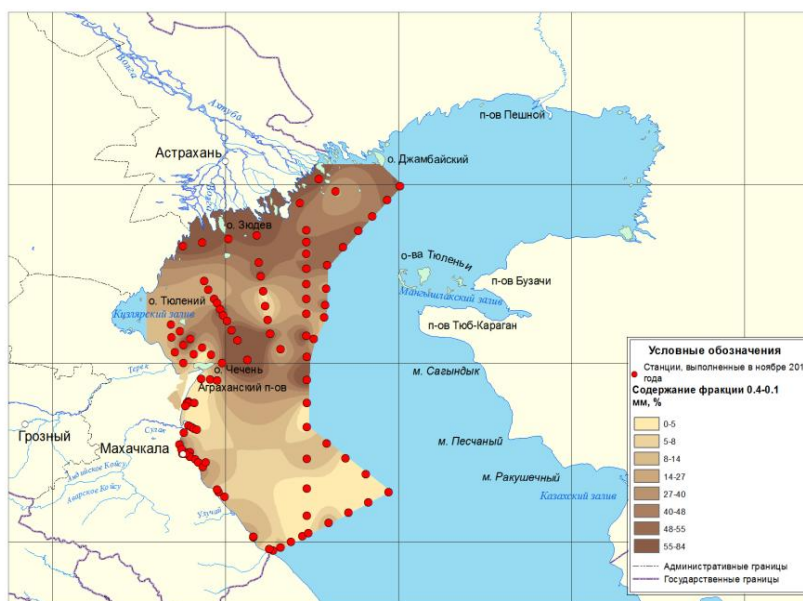


Рис. 13 Пространственное распределение мелкого песка в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

Алеврит (0,1-0,063 мм) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	17,8	65,4	2,1	21,8	76,7	0,4
	открытая	10,0	54,2	0,0	8,37	25,5	0,3
Средний Каспий	прибрежная	9,47	57,7	0,1	6,69	26,3	0,0
	открытая	3,63	26,3	0,0	3,24	12,9	0,1

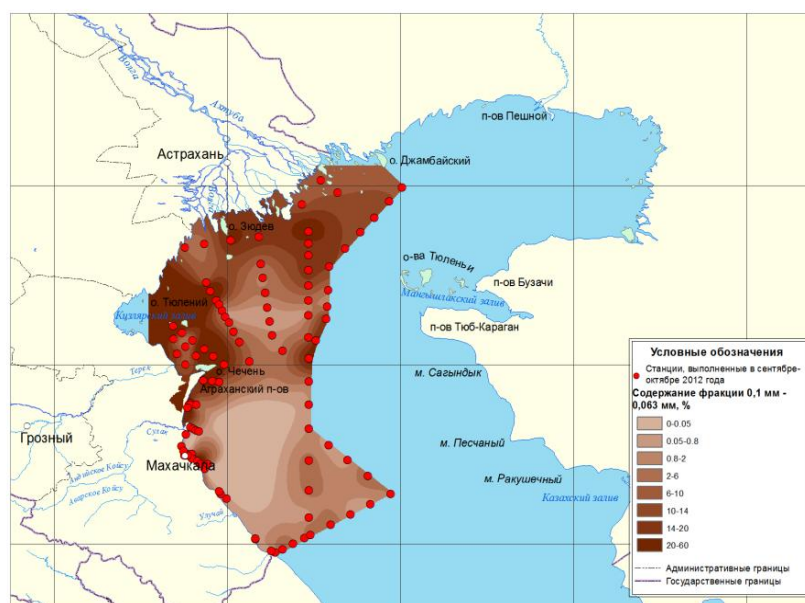


Рис. 14 Пространственное распределение алеврита в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

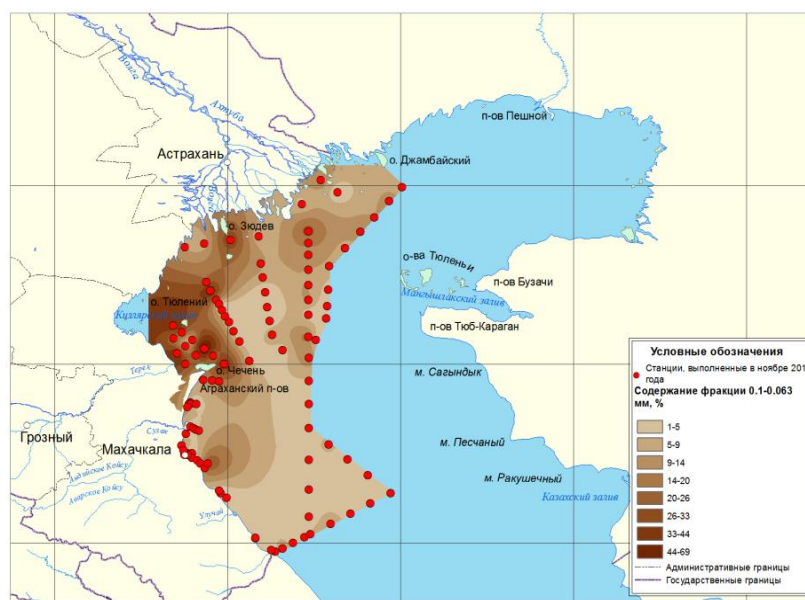


Рис. 15 Пространственное распределение алеврита в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

Таблица 12

Пелит (менее 0,063 мм) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	23,7	81,5	0,9	20,8	76,4	0,5
	открытая	5,5	66,0	0,3	2,6	10,8	0,0
Средний Каспий	прибрежная	51,5	99,0	0,3	63,8	97,6	0,1
	открытая	58,3	100	0,5	61,2	99,2	0,3

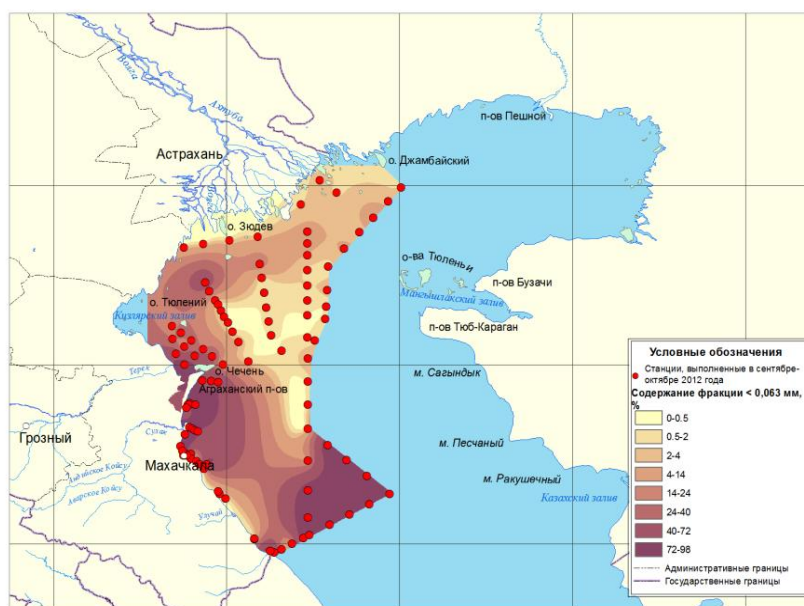


Рис. 16 Пространственное распределение пелита в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

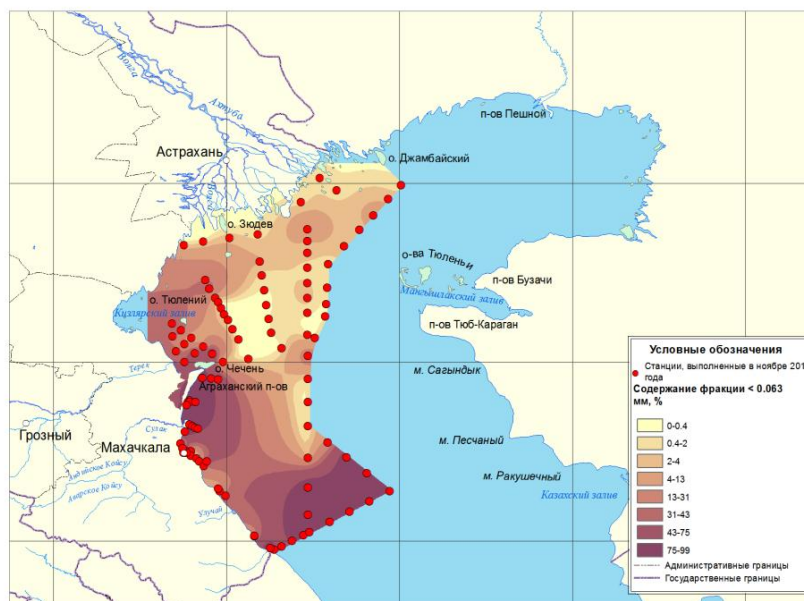


Рис. 17 Пространственное распределение пелита в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

Органическое вещество в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, %

Часть моря	Акватория	ранняя осень			поздняя осень		
		ср	макс	мин	ср	макс	мин
Северный Каспий	прибрежная	0,96	2,60	0,15	0,80	2,22	0,23
	открытая	0,53	6,25	0,06	0,43	1,20	0,11
Средний Каспий	прибрежная	1,01	2,92	0,08	2,58	5,47	0,02
	открытая	1,44	5,01	0,15	1,97	4,21	0,14

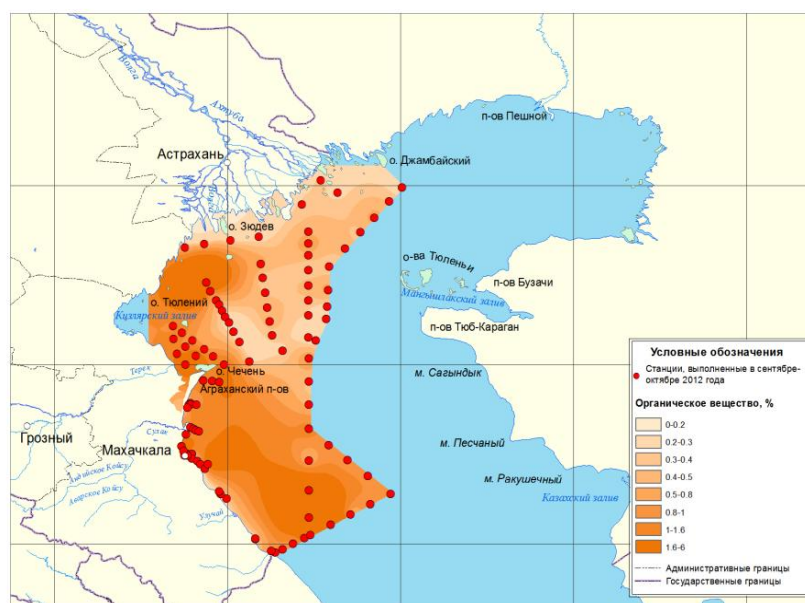


Рис. 18 Пространственное распределение органического вещества в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года

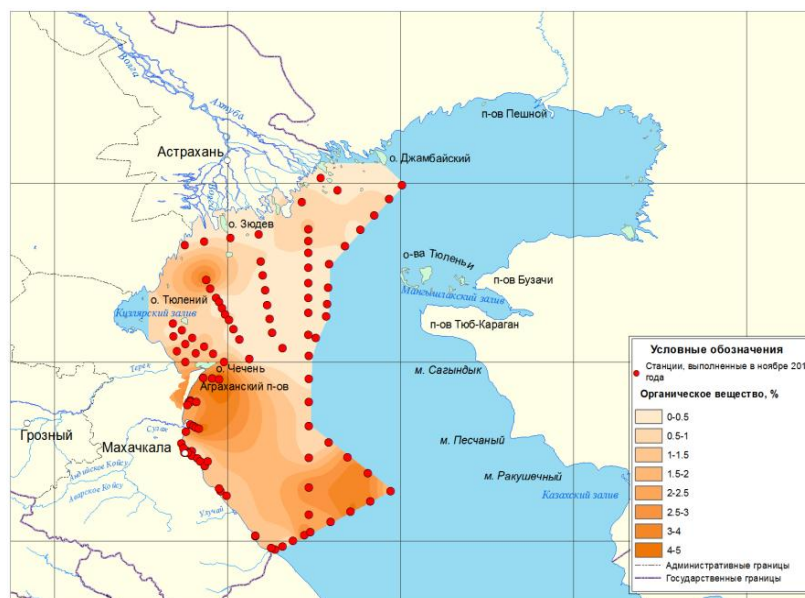


Рис. 19 Пространственное распределение органического вещества в донных отложениях (%) северо-западной части Каспийского моря в ноябре-декабре 2012 года

5. Загрязненность морских вод и донных отложений

Для описания состояния и динамики загрязненности морской среды в данной работе наряду со средней концентрацией использовалась также фоновая концентрация, характеризующая вклад внешних источников в загрязнение той или иной акватории. При этом разность между средней и фоновой концентрацией можно считать индикатором вклада локальных процессов (загрязнения или очищения) в загрязненность морской среды. Фоновая концентрация вычислялась как медиана пространственного ряда данных по аналогии с геохимическим фоном, поэтому ее следует отличать от нормативной фоновой концентрации, используемой для нормирования сбросов и вычисляемой по специальной методике.

Для характеристики пространственной изменчивости загрязненности морской среды 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 Волжском взморье, в Кизлярском заливе, на Терско-Сулакском взморье, в районах Махачкала, Каспийск, Избербаш, Дербент, Самур, а также станции разрезов Южный, Центральный, Меридиональный (ст. 1м - 4м) и Восточный (см. рис. 1 и табл.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.

Нефтепродукты

Ранней осенью нефтепродукты в водах северо-западной части Каспийского моря были распределены относительно равномерно, как по горизонтали, так и по вертикали. Их концентрацию в воде, равную 0,05-0,07 мг/л, следует считать геохимическим фоном (табл. 14). Локальные положительные отклонения от фона зарегистрированы в западной части взморья Волги, вблизи о. Чечень, банки Большая Жемчужная и в юго-восточном секторе рассматриваемой акватории (рис. 20-21).

Поздней осенью, в связи с увеличением поступления нефтепродуктов с волжским стоком (см. раздел 2), концентрация нефтепродуктов в воде в Северном Каспии и прибрежных водах Дагестана возросла, за исключением южных районов Дагестанского шельфа. В открытой части Среднего Каспия концентрация нефтепродуктов в воде несколько снизилась. На круговых диаграммах хорошо видно, что увеличение поступления нефтепродуктов с волжскими водами не отразилось на их концентрации в воде на южном, юго-восточном и восточном участках границы российского сектора. Повышение концентрации зафиксировано только на северо-восточном участке, расположенном в пределах взморья Волги.

Как следует из данных, приведенных в таблице 14 и на рисунке 22, размах колебаний содержания нефтепродуктов в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря составляет два порядка – от 1,1 до 114 мкг/г. Наличие локальных областей с повышенным или пониженным содержанием нефтепродуктов в донных отложениях не может скрыть основной закономерности их пространственного распределения – повышения концентрации в направлении от берега в сторону глубоководной Дербентской котловины, аккумулирующей в своих осадках илстые наносы, органическое вещество и вместе с ними нефтепродукты.

СПАВ

Картина распределения синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) в водах северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года (табл. 15, рис. 23-24), указывает, что: 1) геохимическим фоном СПАВ в воде является концентрация близкая к 0,01 мг/л; 2) при уменьшении поступления СПАВ с волжскими водами (ранняя осень), основными источниками загрязнения акватории российского сектора становятся сброс сточных воды на Дагестанском побережье и адвекция вод из восточной части Северного и Среднего Каспия; 3) при увеличении поступления СПАВ с волжскими водами они становятся основным источником загрязнения Северного Каспия, но это увеличение никак не отражается на динамике СПАВ в водах Среднего Каспия.

Таблица 14

**Концентрация нефтепродуктов в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г)
северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года**

Часть моря	Акватория	Гори- зонт	ранняя осень				поздняя осень			
			ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин
морская вода, мг/л										
Северный Каспий	прибрежная	пов	0,06	0,05	0,10	0,03	0,10	0,10	0,16	0,04
		пов	0,06	0,05	0,10	0,04	0,09	0,10	0,17	0,00
	открытая	дно	0,06	0,06	0,11	0,04	0,09	0,10	0,21	0,00
Средний Каспий	прибрежная	пов	0,07	0,07	0,14	0,03	0,09	0,10	0,17	0,01
		дно	0,07	0,07	0,10	0,04	0,10	0,11	0,24	0,00
	открытая	пов	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,04	0,11	0,01
		дно	0,07	0,07	0,07	0,07	0,04	0,03	0,14	0,00
донные отложения, мкг/г										
Северный Каспий	прибрежная	ДО	12,4	4,54	29,40	1,10	14,8	15,6	27,8	4,60
	открытая		23,4	22,0	56,40	2,80	19,5	19,8	35,8	4,90
Средний Каспий	прибрежная		36,2	28,4	114,00	3,60	28,1	24,5	59,7	3,90
	открытая		66,4	65,0	97,80	45,6	48,7	43,1	93,0	29,9

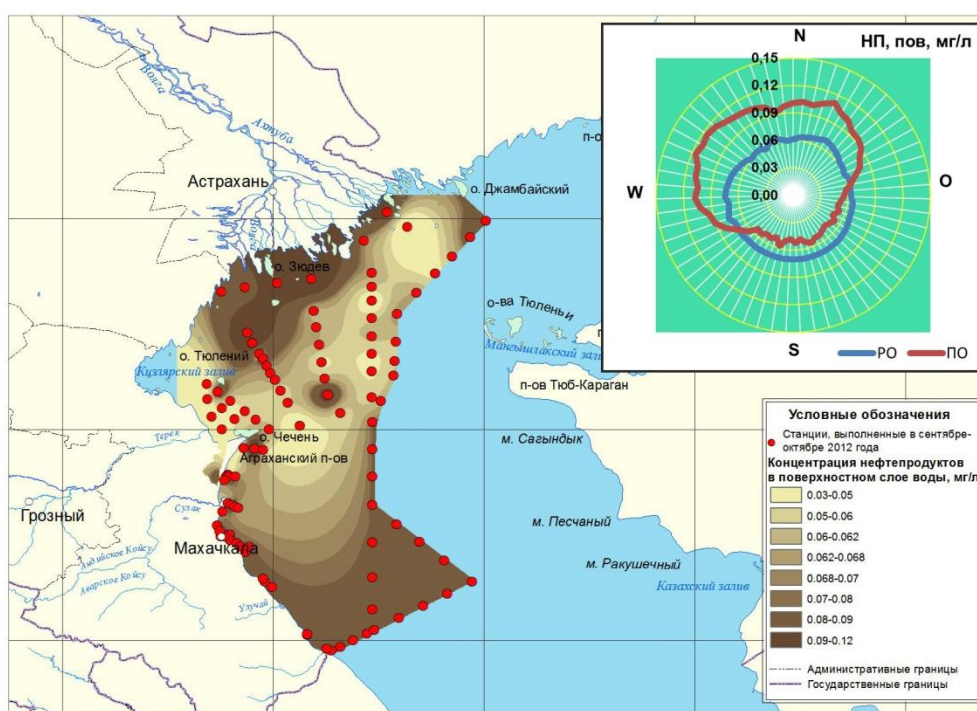


Рис. 20 Пространственное распределение нефтепродуктов в поверхностном слое воды (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации нефтепродуктов (НП) в поверхностном (пов) слое воды (мг/л) вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

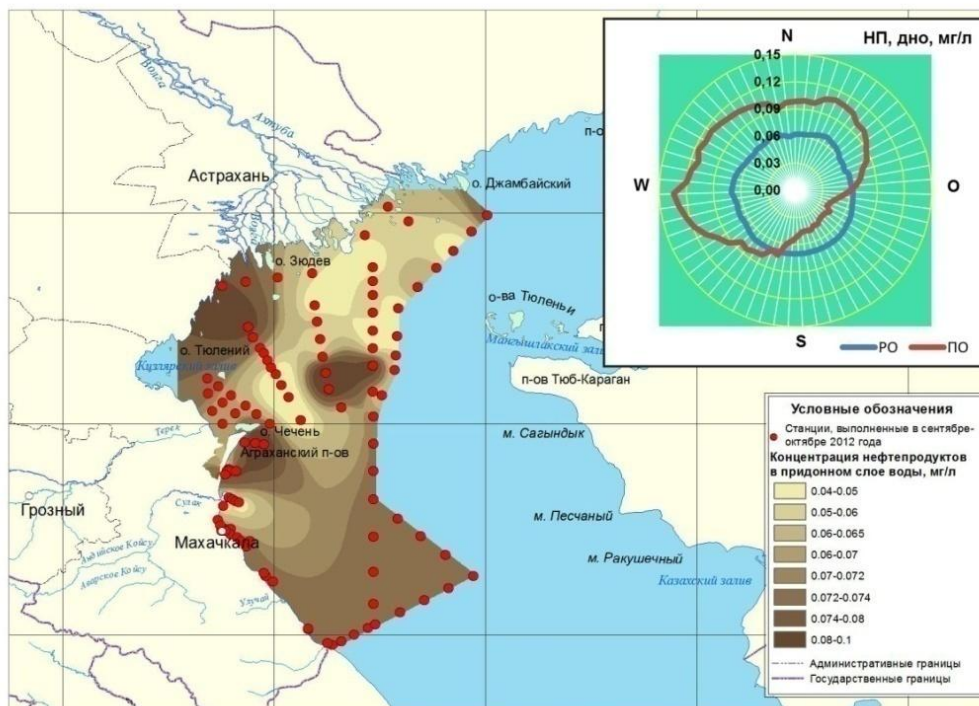


Рис. 21 Пространственное распределение нефтепродуктов в придонном слое (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации нефтепродуктов (НП) в придонном слое (дно) слое воды (мг/л) вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

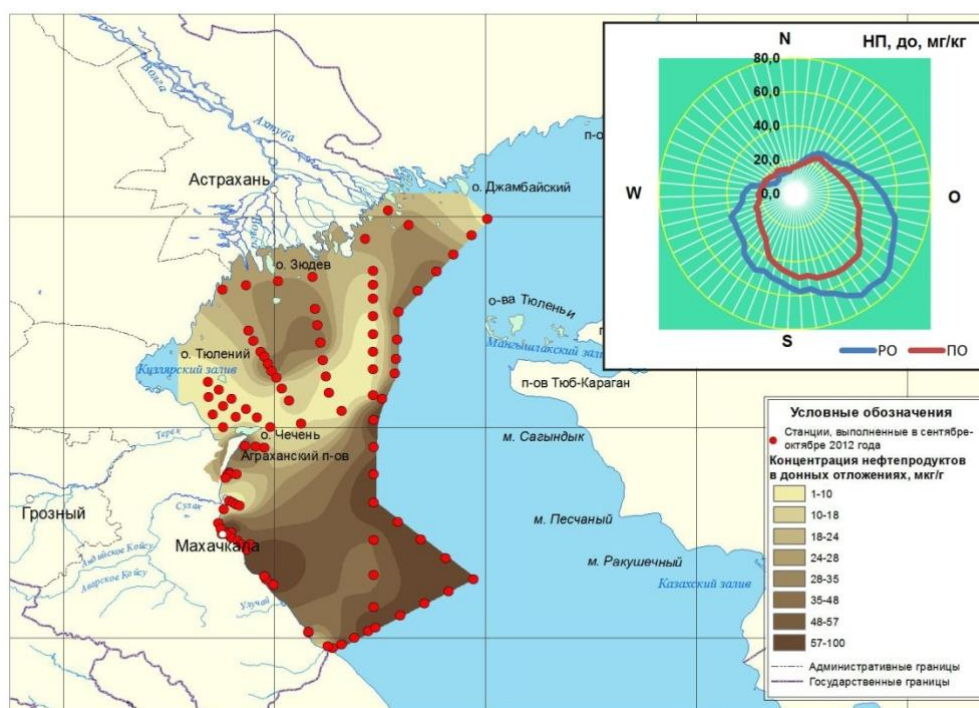


Рис. 22 Пространственное распределение нефтепродуктов в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации нефтепродуктов (НП) в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

Таблица 15

**Концентрация СПАВ в воде (мг/л) и донных отложениях (мкг/г)
северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года**

Часть моря	Акватория	Гори- зонт	ранняя осень				поздняя осень			
			ср	фон	макс	мин	ср	фон	макс	мин
морская вода, мг/л										
Северный Каспий	прибрежная	пов	0,00	0,00	0,02	0,005	0,01	0,01	0,03	0,000
	открытая	пов	0,00	0,00	0,02	0,003	0,01	0,01	0,03	0,005
		дно	0,01	0,01	0,02	0,004	0,01	0,01	0,03	0,006
Средний Каспий	прибрежная	пов	0,01	0,01	0,03	0,006	0,01	0,01	0,02	0,000
		дно	0,01	0,01	0,03	0,008	0,01	0,01	0,02	0,000
	открытая	пов	0,00	0,00	0,01	0,005	0,01	0,01	0,02	0,006
		дно	0,01	0,01	0,02	0,007	0,01	0,01	0,02	0,000
донные отложения, мкг/г										
Северный Каспий	прибрежная	ДО	4,82	3,65	21,22	2,21	8,92	1,61	27,8	0,55
	открытая		5,30	5,46	7,67	2,46	1,21	1,11	2,84	0,45
Средний Каспий	прибрежная		6,61	6,59	9,68	3,21	3,90	3,95	5,23	3,00
	открытая		8,10	7,48	14,52	2,74	5,01	4,93	6,19	4,37

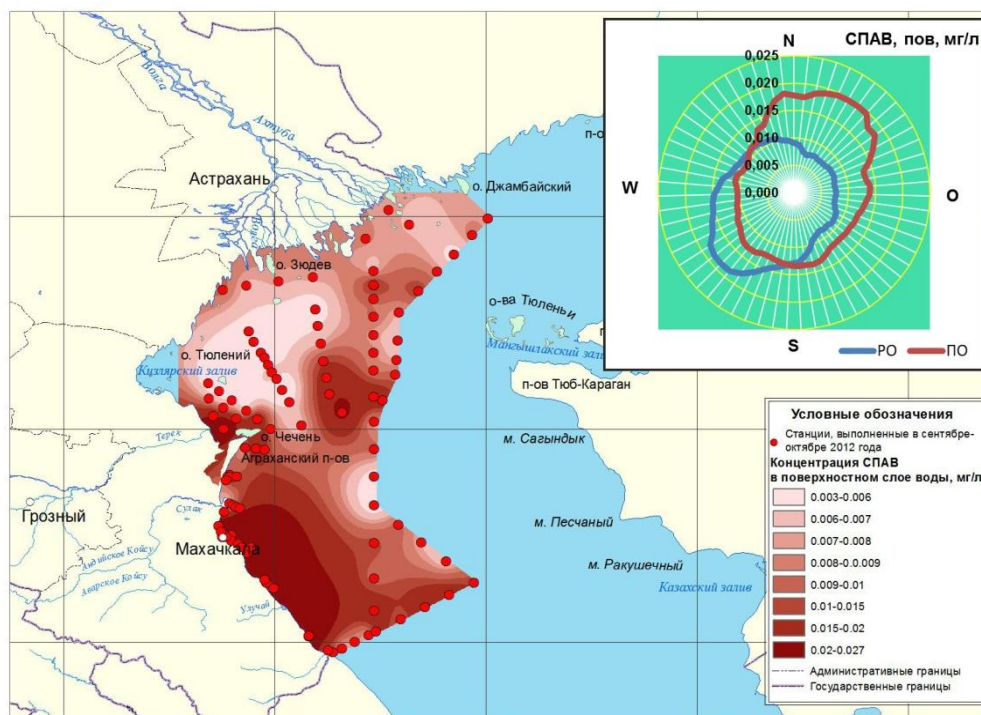


Рис. 23 Пространственное распределение СПАВ в поверхностном слое воды (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации СПАВ в поверхностном (пов) слое воды (мг/л) вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

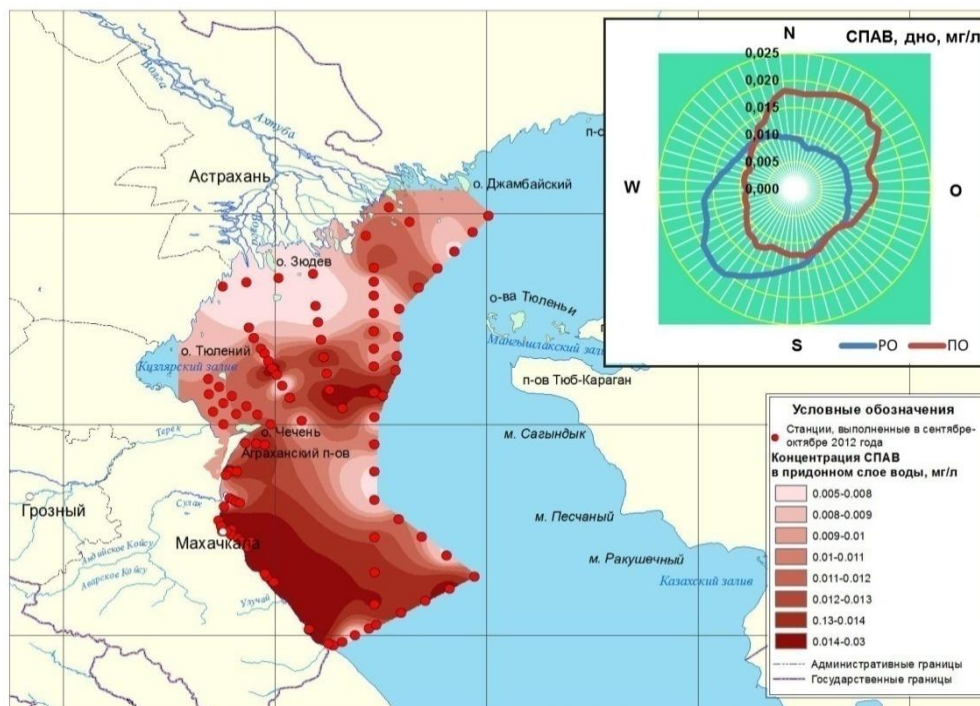


Рис. 24 Пространственное распределение СПАВ в придонном слое (мг/л) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации СПАВ в придонном слое (дно) слое воды (мг/л) вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

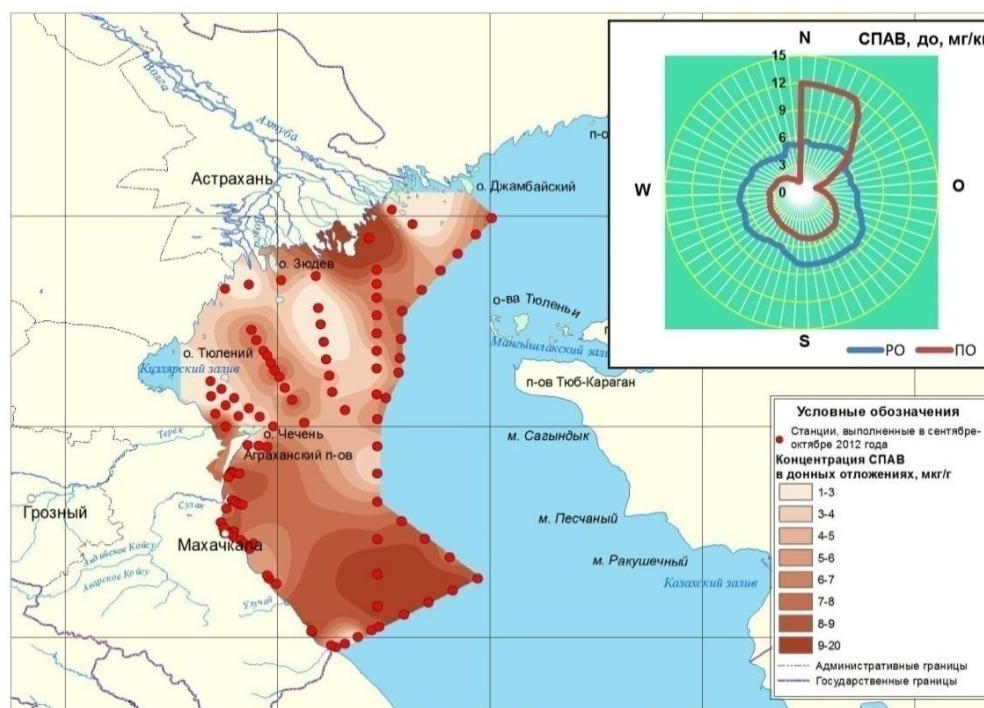


Рис. 25 Пространственное распределение СПАВ в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации СПАВ в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

Основной закономерностью распределения СПАВ в донных отложениях (так же как и нефтепродуктов) является повышение их концентрации в направлении от берега в сторону глубоководной Дербентской котловины. Отличием является то, что у СПАВ более ярко выражены локальные зоны загрязнения, главной из которых является устойчивое «пятно» в восточной части волжского взморья, где поздней осенью был зафиксирован резкий «всплеск» содержания СПАВ в донных отложениях.

Тяжелые металлы

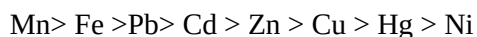
В настоящий обзор включены данные о содержании и соотношении тяжелых металлов в воде, взвеси и донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года. Следует отметить, что массовый отбор и анализ проб взвеси проводился только ранней осенью, поэтому данные, приведенные в таблице 16, относятся только к этому времени года. Обзор также содержит карты пространственного распределения ряда тяжелых металлов в донных отложениях и круговые диаграммы, характеризующие динамику содержания металлов осенью 2012 года на границе российского сектора недропользования Каспийского моря (рис. 26-31).

По характеру распределения тяжелых металлов в воде их можно разделить на две группы. К первой группе следует отнести металлы, концентрация которых осенью 2012 года в Северном Каспии была выше, чем в Среднем Каспии, и/или снижалась в направлении от берега в море (железо, цинк, никель, медь и ртуть). Ко второй группе следует отнести марганец, свинец и кадмий, концентрация которых в Среднем Каспии была выше, чем в Северном Каспии, и/или возрастала в направлении от берега в море. Следует отметить, что металлы второй группы отличались также относительно высоким отношением *вода/взвесь*.

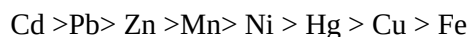
Взвесь Северного Каспия содержала больше железа, марганца, никеля, меди и кадмия, в то время как взвесь Среднего Каспия - больше цинка, свинца и ртути. В прибрежных районах северо-западной части моря во взвеси повышалась концентрация железа, марганца и кадмия. В Северном Каспии эта особенность пространственного распределения проявлялась также в случае цинка, а в Среднем Каспии - никеля, меди, свинца и ртути.

Распределение кадмия и ртути в донных отложениях северо-западной части моря осенью 2012 года было относительно равномерным. Для остальных металлов было характерно изменение концентрации в направлении от берега в море, при этом в Северном Каспии их концентрация повышалась, в Среднем Каспии - снижалась. В направлении с севера на юг содержание тяжелых металлов в прибрежных районах повышалось (за исключением свинца), в открытой части моря в большинстве случаев уменьшалось.

По соотношению *взвесь/вода* тяжелые металлы располагались в следующем ряду:



По соотношению *взвесь/ДО* тяжелые металлы располагались в следующем ряду:



Исходя из этих соотношений, тяжелые металлы можно разделить на две группы. К первой группе, отличающейся повышенным соотношением *вода/взвесь* и/или *взвесь/ДО*, относятся железо, марганец, цинк, свинец и кадмий. Ко второй группе относятся медь, никель и ртуть, отличающиеся пониженным соотношением *вода/взвесь* и *взвесь/ДО*. Выяснилось, что эти две группы явно отличаются между собой по характеру пространственного распределения металлов в донных отложениях. Для металлов первой группы характерной чертой является обширная и устойчивая зона аккумуляции в донных отложениях северной части Дагестанского шельфа (рис. 26-28). Для металлов второй группы характерно «пятнистое» распределение - несколько локальных зон аккумуляции, как в северной, так и в средней части моря.

Объединяет эти две группы то, что у всех металлов, за исключением меди, от ранней к поздней осени повысилась их концентрация в донных отложениях Дербентской котловины. Одновременно она снизилась в северных и восточных районах рассматриваемой акватории (см. круговые диаграммы на рис. 26-28). Следовательно, тяжелые металлы осенью 2012 года оказались вовлечены в единый поток миграции вместе с илистыми фракциями и органическим веществом. Этот поток направлен из Северного Каспия в Дербентскую котловину, при этом по пути часть материала аккумулируется в донных отложениях Дагестанского шельфа, особенно в его северных районах.

Таблица 16

**Содержание и соотношение тяжелых металлов в воде, взвеси и донных отложениях
северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, мг/кг**

Компонент морской среды	Северный Каспий		Средний Каспий	
	прибрежная акватория	открытая часть	прибрежная акватория	открытая часть
Железо				
Вода	0,15	0,15	0,13	0,14
Взвесь	14400	8400	14300	5100
Донные отложения	5128	7946	9156	8894
Взвесь/Вода	96000	56000	110000	36428
Взвесь/Донные отложения	2,80	1,05	1,56	0,57
Марганец				
Вода	0,0025	0,0034	0,0043	0,0055
Взвесь	429,5	403,1	468,6	175,6
Донные отложения	96,5	125,7	145,6	112,8
Взвесь/Вода	173886	119614	107972	31869
Взвесь/Донные отложения	4,45	3,20	3,21	1,55
Цинк				
Вода	0,027	0,024	0,029	0,026
Взвесь	190	89,4	167,1	220,2
Донные отложения	45,4	50,8	52,9	48,2
Взвесь/Вода	7037	3725	5762	8469
Взвесь/Донные отложения	4,19	1,76	3,16	4,57
Никель				
Вода	0,050	0,042	0,035	0,022
Взвесь	80,4	99,8	94,2	54,5
Донные отложения	27,91	31,94	30,23	29,95
Взвесь/Вода	1608	2376	2691	2477
Взвесь/Донные отложения	2,88	3,12	3,12	1,82
Медь				
Вода	0,009	0,009	0,008	0,005
Взвесь	43,9	47,1	39,4	34,3
Донные отложения	21,2	26,6	29,5	28,1
Взвесь/Вода	4878	5233	4925	6860
Взвесь/Донные отложения	2,07	1,77	1,34	1,22
Свинец				
Вода	0,0009	0,0042	0,0052	0,0067
Взвесь	16,9	19,9	26,3	21,6
Донные отложения	5,71	6,21	5,21	5,77
Взвесь/Вода	18778	4738	5058	3224
Взвесь/Донные отложения	3,0	3,2	5,0	3,7
Кадмий				
Вода	0,00005	0,0001	0,00017	0,0002
Взвесь	1,06	0,22	0,56	0,41
Донные отложения	0,10	0,12	0,11	0,11
Взвесь/Вода	21200	2200	3294	2050
Взвесь/Донные отложения	10,6	1,83	5,09	3,73
Ртуть				
Вода	0,00002	0,00001	0,00002	0,00001
Взвесь	0,03	0,06	0,08	0,07
Донные отложения	0,02	0,03	0,03	0,03
Взвесь/Вода	1500	6000	4000	7000
Взвесь/Донные отложения	1,5	2,0	2,7	2,3

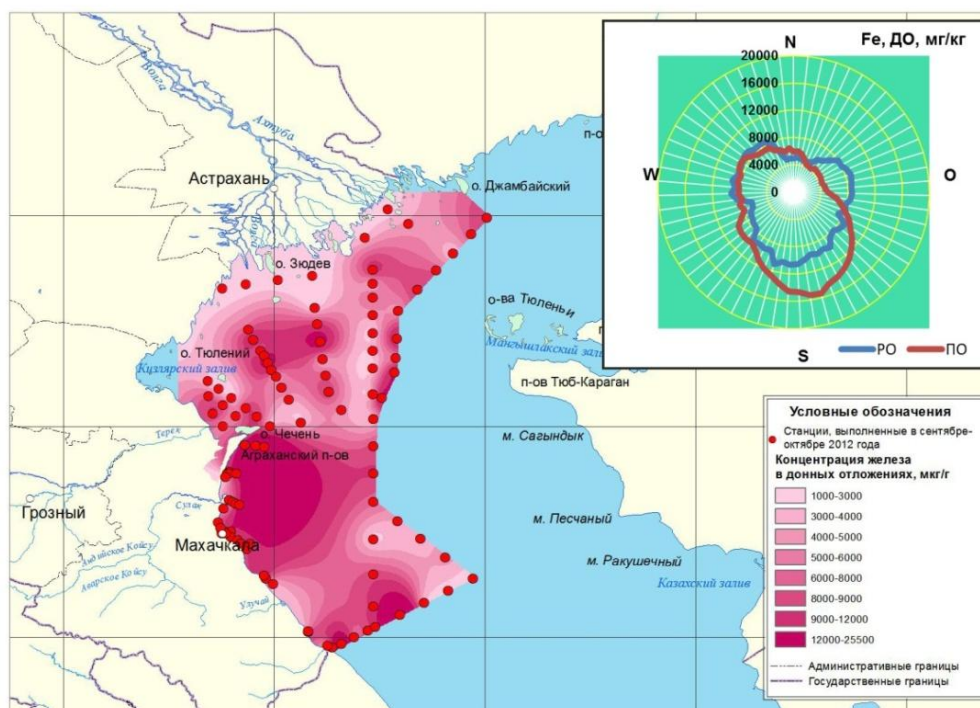


Рис. 26 Пространственное распределение железа в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации железа в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

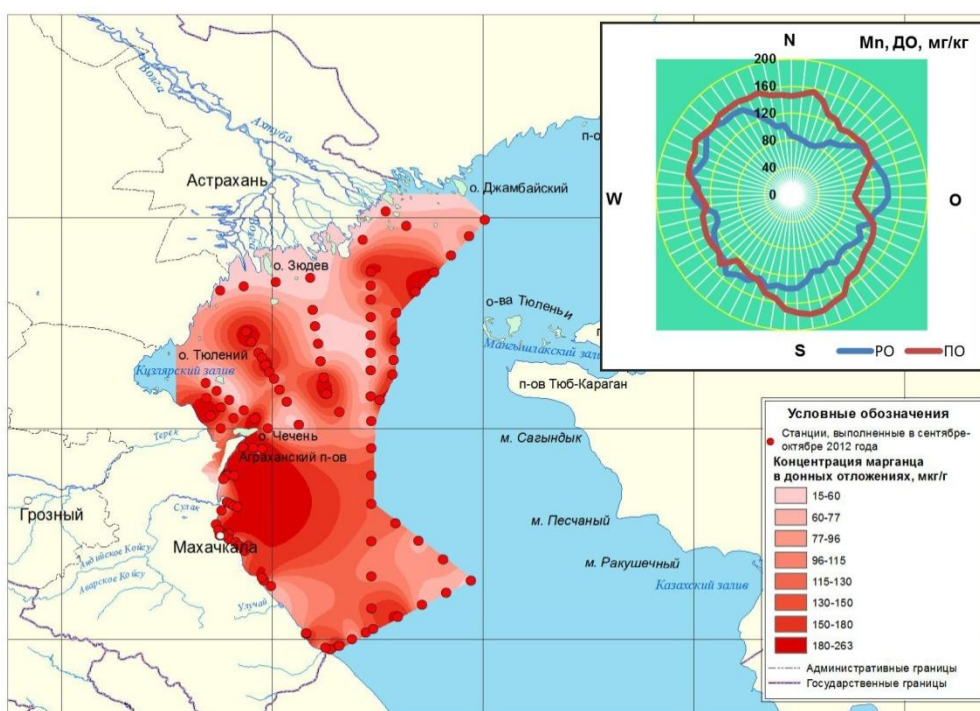


Рис. 27 Пространственное распределение марганца в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации марганца в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

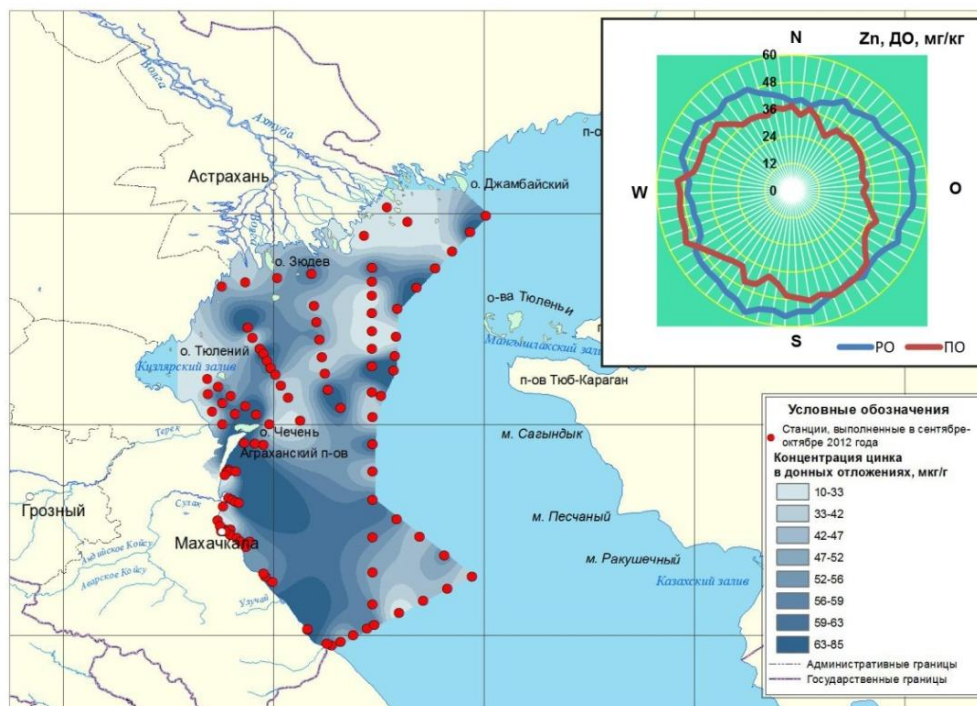


Рис. 28 Пространственное распределение цинка в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации цинка в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

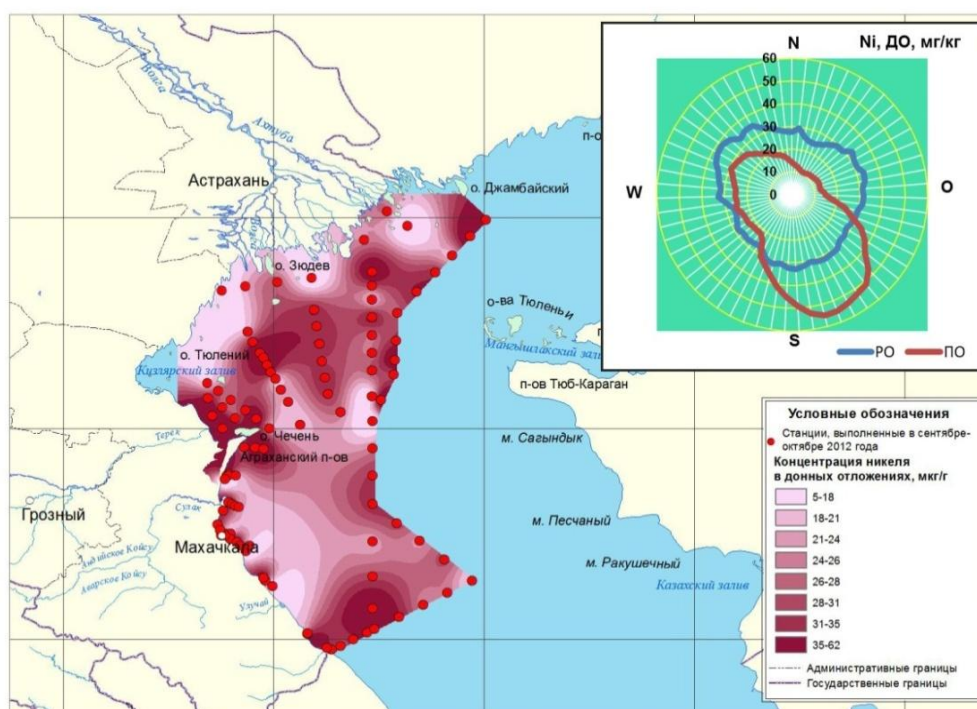


Рис. 29 Пространственное распределение никеля в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации никеля в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

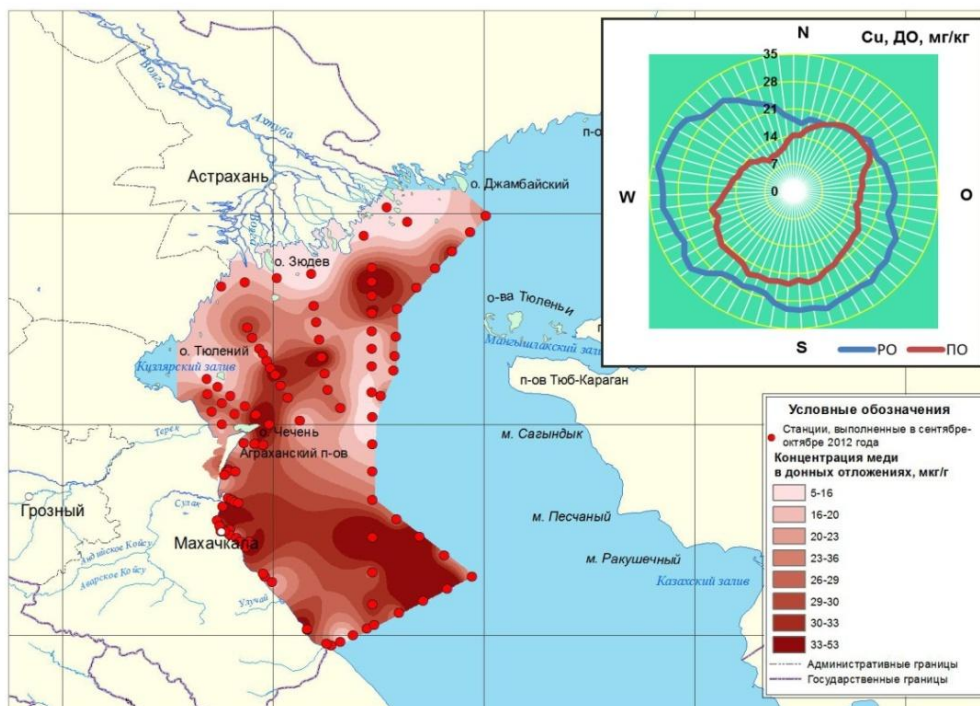


Рис. 30 Пространственное распределение меди в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации меди в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

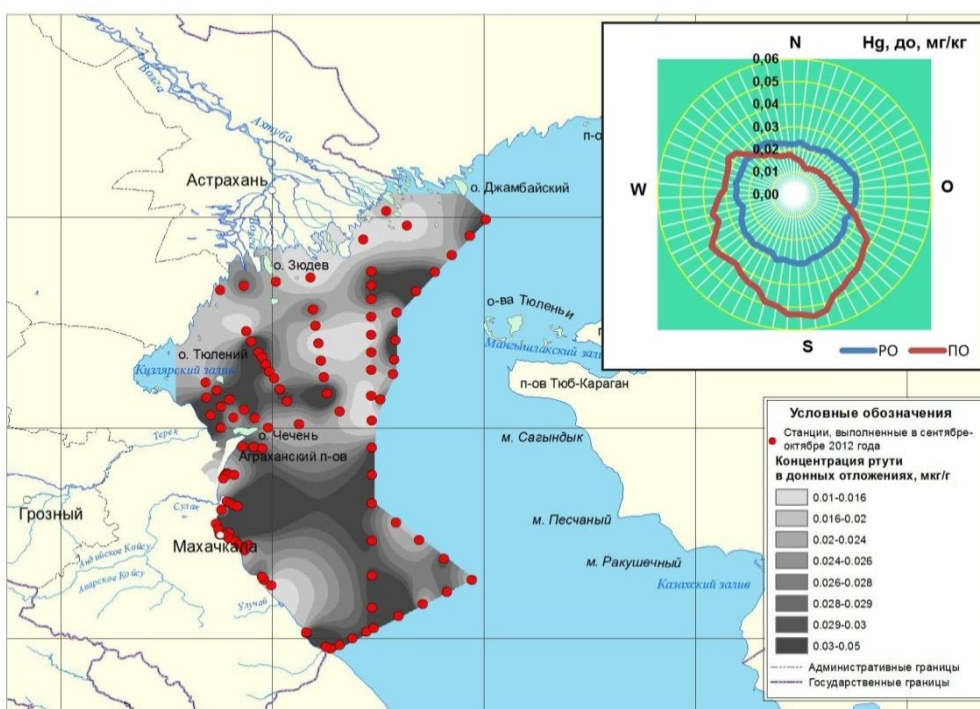


Рис. 31 Пространственное распределение ртути в донных отложениях (мкг/г) северо-западной части Каспийского моря в сентябре-октябре 2012 года. В правом верхнем углу – круговая диаграмма, характеризующая изменения концентрации ртути в донных отложениях вдоль периметра российского сектора недропользования Каспийского моря ранней (РО) и поздней (ПО) осенью 2012 года. Скользящее среднее, ширина окна 13 значений

6. Стойкие органические загрязнители

Химико-аналитические исследования проб воды и донных отложений, отобранных в северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, проводились в НПО «Тайфун». Всего химическому анализу было подвергнуто 10 проб воды и 22 пробы донных отложений, отобранных ранней осенью, и 41 проба донных отложений, отобранных поздней осенью. В пробах воды определялись хлорорганические пестициды (ХОП, 20 ингредиентов, в т.ч. ГХЦГ, ДДТ и т.д), полихлорированные бифенилы (ПХБ, 8 ингредиентов), полициклические ароматические углеводороды (ПАУ, 20 ингредиентов). В пробах донных отложений наряду с перечисленными загрязнителями также определялись фталаты (Фт, 6 ингредиентов). На основе полученных данных рассчитывалась суммарная концентрация ХОП, ПХБ, ПАУ и Фт в донных отложениях для каждой пробы (станции).

Хлорорганические пестициды

Из 20 ингредиентов (включая изомеры, метаболиты и т.п.) в пробах воды, отобранных в северо-западной части моря, был обнаружен только гексахлорбензол. Его максимальная концентрация в водах Северного Каспия составила 8,38 нг/л (разрез Ша), в водах Среднего Каспия 0,62 нг/л (разрез Меридиональный).

Осенью 2012 года в донных отложениях Северного Каспия был обнаружен гексахлорбензол, ДДТ и его метаболиты (ДДД и ДДЕ). Суммарная концентрация ХОП в донных отложениях Северного Каспия ранней осенью изменялась от 0 до 0,44 мкг/кг, поздней осенью – от 0 до 0,89 мкг/кг (табл. 17). Увеличение количества проб донных отложений, отобранных поздней осенью, позволило выявить участки с повышенным средним содержанием ХОП – ими оказались районы Дагестанского шельфа, для которых характерно более высокое содержание ила и ОВ в осадках. Максимальное содержание суммы ХОП в донных отложениях Среднего Каспия, ранней осенью равное 1,06 мкг/кг, поздней осенью составило 4,87 мкг/кг.

Таблица 17

Содержание хлорорганических пестицидов (сумма ХОП, мкг/кг) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий	
	прибрежная акватория	открытая часть	прибрежная акватория	открытая часть
ранняя осень				
Среднее значение	0,08	0,15	-	-
Максимум	0,44	0,32	0,27	1,06
Минимум	0,00	0,00	0,17	0,20
поздняя осень				
Среднее значение	0,38	-	1,59	0,11
Максимум	0,89	0,20	4,87	0,91
Минимум	0,00	0,00	0,11	0,00

Примечание: при количестве проб менее пяти среднее значение не рассчитывалось

Полихлорированные бифенилы

Осенью 2012 года в прибрежных водах Северного Каспия суммарная концентрация ПХБ изменялась в пределах от 2,3 до 8,6 нг/л, в открытой части – от 1,2 до 3,4 нг/л. В прибрежных водах Среднего Каспия ПХБ не были обнаружены, а в открытой части, где все пробы были отобраны на разрезе «Меридиональный», концентрация ПХБ изменялась в пределах от 0 до 7,6 нг/л.

Содержание ПХБ в пробах донных отложений, отобранных в северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года изменялась в пределах от 0 до 10,8 мкг/кг. В пространстве они были распределены неравномерно, так как при увеличении количества проанализированных проб, отобранных в том или ином районе, пределы изменчивости содержания ПХБ в донных отложениях возрастали (табл. 18). Максимальная концентрация ПХБ была зарегистрирована на Дагестанском шельфе.

Содержание полихлорированных бифенилов (сумма ПХБ, мкг/кг) в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий	
	прибрежная акватория	открытая часть	прибрежная акватория	открытая часть
ранняя осень				
Среднее значение	0,22	0,46	-	-
Максимум	0,75	0,93	0,28	6,70
Минимум	0,00	0,00	0,06	0,44
поздняя осень				
Среднее значение	1,57	-	2,04	2,27
Максимум	3,89	3,45	10,8	3,97
Минимум	0,53	1,01	0,35	0,69

Примечание: при количестве проб менее пяти среднее значение не рассчитывалось

Полициклические ароматические углеводороды

В проанализированных пробах воды, отобранных в северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года, концентрация суммарных ПАУ находилась в пределах от 0,07 до 0,187 мкг/л, при этом в большинстве проб основной вклад в сумму ПАУ вносил нафталин. На диаграмме, изображенной на рис. 32, видно, что повышенные концентрации ПАУ приурочены к Мангышлакскому порогу, разделяющему Северный и Средний Каспий (ст. 3а10 и 1м). Здесь же был зарегистрирован самый широкий спектр ПАУ (6 ингредиентов), тогда как на ст. 3а1 (взморье Волги) и 7м (склон Дербентской котловины) ПАУ были представлены только одним нафталеном.

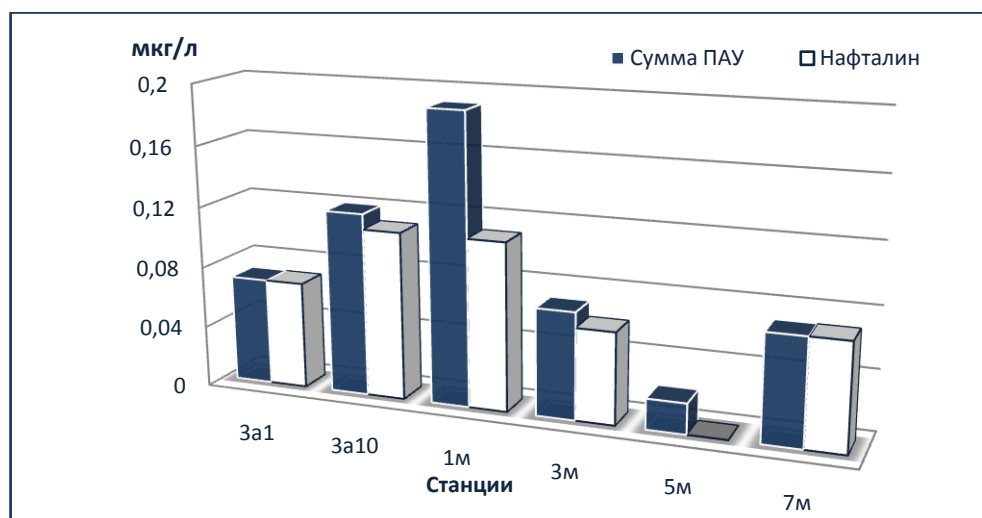


Рис. 32 Изменения концентрации суммарных ПАУ (мкг/л) в поверхностном слое воды вдоль линии, начинающейся на взморье Волги (ст. 3а1), а заканчивающейся над склоном Дербентской котловины (ст. 7м) осенью 2012 года

Осенью 2012 года концентрация суммарных ПАУ в донных отложениях изменялась в пределах от 0 до 700 мкг/кг (табл. 19). При этом содержание двух- и трехядерных ПАУ было заметно выше, чем четырех- и пятиядерных. Среди низкомолекулярных ПАУ преобладал нафталин и его метилированные производные, а среди высокомолекулярных – флуорантен, пирен, хризен, перилен. Нередко в пробах обнаруживался высокотоксичный бенз(а)пирен на уровне 1-2 мкг/кг.

Ранней осенью концентрация суммарных ПАУ в донных отложениях прибрежных районов находилась в пределах от 0,12 до 86,3 мкг/кг, а в открытой части моря – в пределах от 0,02 до 242,1 мкг/кг. Поздней осенью, когда количество проанализированных проб увеличилось в 2 раза,

пределы изменчивости содержания суммарных ПАУ в донных отложениях также возросли: в прибрежных водах концентрация ПАУ установилась в пределах 32 до 700 мкг/кг, а в открытой части моря – в пределах от 16 до 313 мкг/кг. Наибольшее среднее и максимальное значение было зарегистрировано на Дагестанском шельфе.

Таблица 19

**Содержание полициклических ароматических углеводородов (сумма ПАУ, мкг/кг)
в донных отложениях северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года**

Статистический параметр	Северный Каспий		Средний Каспий	
	прибрежная акватория	открытая часть	прибрежная акватория	открытая часть
ранняя осень				
Среднее значение	25,2	10,9	-	58,9
Максимум	86,3	39,0	40,6	242,1
Минимум	11,7	0,07	0,12	0,02
поздняя осень				
Среднее значение	155,9	-	305,9	162,4
Максимум	294,6	252,4	699,7	313,0
Минимум	32,44	63,26	37,06	16,54

Примечание: при количестве проб менее пяти среднее значение не рассчитывалось

Фталаты

Фталаты (эфиры фталевой кислоты) определялись в воде и донных отложениях Каспийского моря впервые. Следует отметить, что среди них есть вещества, относящиеся к 1-му классу опасности, например, бис(2-этилгексил)фталат (БЭГФ). Список определяемых фталатов, кроме БЭГФ, включал: диметилфталат (ДМФ), диэтилфталат (ДЭФ), ди-п-бутилфталат (ДБФ), ди-п-октилфталат (ДОФ), бутилбензилфталат (ББФ).

Из всех проб воды, отобранных в северо-западной части моря, присутствие фталатов было обнаружено только в одной пробе, где по результатам анализа было выявлено наличие БЭГФ в концентрации 1,6 мкг/л. Присутствие фталатов в донных отложениях наблюдалось по всей исследуемой акватории, при этом их повышенное содержание было характерно для прибрежных районов, подверженных влиянию речного стока (табл. 20). Так, наибольшим содержанием ДЭФ отличались донные отложения Кизлярского залива, наибольшее содержание ДБФ и ДОФ обнаружено в пробах донных отложений, отобранных на разрезе Северный. Наибольшая концентрация самого токсичного из определяемых фталатов - БЭГФ - была зарегистрирована в пробах, отобранных в мелководной зоне устьевого взморья Волги. Присутствие ДМФ и ББФ в донных отложениях осенью 2012 года не обнаружено.

Таблица 20

**Пространственное распределение фталатов в донных отложениях
северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года (мкг/кг)**

Район	ДЭФ	ДБФ	ДОФ	БЭГФ	Сумма фталатов
Взморье Волги	7	117	6,2	942	1072
Кизлярский залив	71	1540	7,5	145	1763
Северный	0	3167	71,3	679	3917
Восточный	12	633	45,4	228	919
Махачкала	10	1205	7,7	134	1356
Разрез III ГСН	52	1290	3,4	68	1415
Центральный	0	99	0	533	632
Южный	19	161	3,2	199	381

7. Комплексная оценка загрязнения морской среды

Для оценки загрязнения морской среды северо-западной части Каспийского моря осенью 2012 года 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 ($\Delta_{lf} = C_l - C_f$). В ансамблевую оценку загрязнения вовлечены все химические параметры, для которых установлена ПДК (табл. 21). 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. 22).

Таблица 21

Установленная в России 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 ₅	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 22

Установленная за рубежом 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 шкалы, приведенные в таблице 23.

Таблица 23

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 в прибрежных районах Северного Каспия осенью 2012 года характеризовалась как умеренно загрязненная, а в соответствии с приоритетной оценкой – ранней осенью как загрязненная, поздней осенью - как умеренно загрязненная (табл. 24). Уменьшение численных значений всех оценок от ранней к поздней осени указывает на снижение уровня загрязнения вод. Уровень загрязнения донных отложений, наоборот, повысился. Ранней осенью осадки прибрежной части Северного Каспия по всем оценкам характеризовались как чистые, а поздней осенью в соответствии с приоритетной и экстремальной оценкой – как умеренно загрязненные.

Таблица 24

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах Северного Каспия осенью 2012 года

Компонент среды	ранняя осень			поздняя осень		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
Взморье Волги						
Вода	0,70	1,06	1,67	0,44	0,67	1,00
ДО	0,11	0,33	0,33	0,44	0,53	1,00
Кизлярский залив						
Вода	0,70	1,06	1,67	0,44	0,67	1,00
ДО	0,11	0,33	0,33	0,44	0,53	1,00

В соответствии с обобщенной и приоритетной оценкой морская вода в открытой части Северного Каспия ранней осенью 2012 года характеризовалась как умеренно загрязненная, а в соответствии с экстремальной оценкой – как загрязненная, но только на двух разрезах – Восточном и Северном. Поздней осенью уровень загрязнения морских вод снизился на всех разрезах Северного Каспия, за исключением разреза IIIa (табл. 25); в соответствии с обобщенной оценкой воды стали характеризоваться как чистые, в то время как на разрезе IIIa в соответствии с экстремальной оценкой было зафиксировано появление грязных вод. Уровень загрязнения донных отложений в открытой части Северного Каспия не претерпел существенных изменений - в соответствии с обобщенной оценкой они характеризовались как чистые, в соответствии с приоритетной и экстремальной оценкой – как умеренно загрязненные. Повышение уровня загрязнения донных отложений от ранней к поздней осени зафиксировано только на разрезе IIIa, где из умеренно загрязненных они перешли в разряд загрязненных.

Таблица 25

Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части Северного Каспия осенью 2012 года

Компонент среды	ранняя осень			поздняя осень		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
разрез «Восточный»						
пов.	0,52	0,78	1,67	0,33	0,50	0,67
дно	0,44	0,80	1,33	0,19	0,56	0,67
ДО	0,33	0,67	1,00	0,50	0,60	1,00
разрез III ГНС						
пов.	0,59	0,89	1,33	0,41	0,61	1,00
дно	0,48	0,87	1,33	0,26	0,39	0,67
ДО	0,28	0,56	0,67	0,39	0,47	0,67
разрез «Северный»						
пов.	0,63	0,81	1,67	0,48	0,72	1,33
дно	0,74	1,33	2,33	0,26	0,47	0,67
ДО	0,39	0,58	1,00	0,39	0,47	0,67
разрез IIIa ГНС						
пов.	0,63	0,94	1,33	0,74	1,11	2,67
дно	0,59	1,07	1,33	0,41	0,92	1,67
ДО	0,33	0,67	1,00	0,78	0,93	2,00

В соответствии с обобщенной оценкой морская вода и донные отложения в прибрежных районах Среднего Каспия ранней осенью 2012 года характеризовались как чистые, за исключением придонного слоя вод в районе Лопатина и поверхностного слоя вод в районах Прорези и Самура (табл. 26). В соответствии с приоритетной и экстремальной оценкой морская вода и донные отложения в прибрежных районах Среднего Каспия ранней осенью 2012 года характеризовались как умеренно загрязненные, за исключением вод придонного слоя в районах Лопатина, Избербаша и Самура, которые характеризовались как загрязненные. От ранней к поздней осени уровень загрязнения морских вод в прибрежных районах Среднего Каспия снизился. Донные отложения также стали чище, за исключением районов Прорези, Сулака и Махачкалы. Вода и донные отложения во всех прибрежных районах Среднего Каспия поздней осенью 2012 года характеризовались либо как чистые, либо как умеренно загрязненные.

Таблица 26

**Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в прибрежных районах
Среднего Каспия осенью 2012 года**

Компонент среды	ранняя осень			поздняя осень		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
Лопатин						
пов.	0,44	0,80	1,33	0,41	0,61	1,00
дно	0,52	0,93	1,67	0,30	0,44	0,67
ДО	0,39	0,58	1,00	0,33	0,40	0,67
Прорезь						
пов.	0,56	0,83	1,33	0,52	0,78	2,00
дно	0,48	0,87	1,33	0,33	0,50	1,00
ДО	0,28	0,56	0,67	0,56	0,67	1,00
Сулак						
пов.	0,44	1,00	1,33	0,44	0,67	1,00
дно	0,41	0,92	1,33	0,30	0,44	0,67
ДО	0,33	0,67	1,00	0,50	0,60	1,00
Махачкала						
пов.	0,41	0,92	1,33	0,33	0,50	1,00
дно	0,41	0,92	1,33	0,19	0,42	0,67
ДО	0,39	0,58	0,67	0,56	0,56	1,00
Каспийск						
пов.	0,41	0,92	1,33	0,37	0,48	1,00
дно	0,41	0,92	1,33	0,30	0,44	0,67
ДО	0,33	0,67	1,00	0,44	0,53	1,00
Избербаш						
пов.	0,41	0,92	1,33	0,37	0,56	1,00
дно	0,48	1,08	2,00	0,22	0,40	0,67
ДО	0,44	0,67	1,00	0,44	0,53	0,67
Дербент						
пов.	0,44	0,80	1,33	0,22	0,40	0,67
дно	0,41	0,61	1,33	0,22	0,40	0,67
ДО	0,28	0,56	0,67	0,39	0,47	0,67
Самур						
пов.	0,63	0,94	2,00	0,26	0,47	0,67
дно	0,44	1,00	1,67	0,26	0,47	0,67
ДО	0,33	0,67	1,00	0,44	0,53	0,67

В соответствии с обобщенной оценкой морская вода и донные отложения в открытой части Среднего Каспия ранней осенью 2012 года характеризовались как чистые; в соответствии с приоритетной и экстремальной оценкой - как умеренно загрязненные (табл. 27). От ранней к поздней осени уровень загрязнения морских вод в открытой части Среднего Каспия снизился, в том числе на двух разрезах в соответствии с приоритетной оценкой до уровня чистых. При этом уровень загрязнения донных отложений заметно повысился – в соответствии с обобщенной и

приоритетной оценкой до уровня умеренно загрязненных, а в соответствии с приоритетной оценкой до уровня грязных и очень грязных.

Таблица 27

**Ансамблевая оценка загрязнения морской среды в открытой части
Среднего Каспия осенью 2012 года**

Компонент среды	ранняя осень			поздняя осень		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
разрез «Меридиональный»						
пов.	0,48	0,87	1,33	0,30	0,53	0,67
дно	0,37	0,83	1,00	0,26	0,58	0,67
ДО	0,39	0,58	0,67	0,78	0,93	3,33
разрез «Центральный»						
пов.	0,33	0,75	1,00	0,22	0,40	0,67
дно	0,41	0,92	1,33	0,26	0,47	0,67
ДО	0,39	0,58	0,67	0,94	1,13	3,67
разрез «Южный»						
пов.	0,37	0,83	1,00	0,33	0,50	0,67
дно	0,37	0,83	1,33	0,30	0,44	0,67
ДО	0,50	0,75	1,00	1,00	1,20	3,67

Заключение

В 2012 году (после 20-ти летнего перерыва) в рамках мероприятий по восстановлению функционирования пунктов государственной наблюдательной сети, осуществляемых Росгидрометом в целях реализации ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012-2020 гг.», возобновлены в полном масштабе наблюдения за состоянием и загрязнением морской среды Каспийского моря в пределах российского сектора недропользования.

По количеству океанографических станций, измеренных параметров состояния и загрязнения морской среды исследования, выполненные в два этапа осенью 2012 года, носили беспрецедентный характер. С учетом современных реалий 25 океанографических станций были расположены на границе российского сектора недропользования, а координаты еще 15 станций были взяты из проекта международной программы мониторинга Каспийского моря. Одновременно с морскими работами проводились наблюдения в дельтах Волги, Терека и Сулака с целью оценки химического стока в Каспий с территории РФ.

Данная оценка подтвердила вывод, сделанный в обзоре Росгидромета «Тенденции и динамика загрязнения природной среды Российской Федерации на рубеже XX-XXI веков» (Москва, 2007) о существенном сокращении поступления нефтепродуктов и пестицидов в Каспий с волжскими водами. Так, осенью 2012 г. сток нефтепродуктов в вершине дельты Волги составил 2 тыс. тонн, а пестицидов ДДТ и ГХЦГ 0,078 т. В то же время ощутимого сокращения стока тяжелых металлов не произошло. Осенью 2012 года в вершину дельты Волги поступило 510 тонн цинка, 675 тонн никеля, 235 тонн меди. Химический сток с территории РФ в Каспий в основном формируется волжским стоком. Вклад дагестанских рек был замечен только в стоке взвешенных веществ и минеральных форм азота.

Для интерпретации результатов экспедиционных исследований привлекались материалы спутниковых наблюдений и данные наземной наблюдательной сети Росгидромета. Осенью 2012 года в пределах рассматриваемой акватории не было выявлено никаких метеорологических, гидрологических и гидрохимических аномалий. В придонном слое Дербентской котловины была зарегистрирована концентрация растворенного кислорода около 1 мг/л, указывающая на сохранение в современных условиях вертикальной циркуляции вод. По данным литолого-химических наблюдений осенью за счет усиления динамики вод активизировался поток взвешенных наносов и взвешенного ОВ из Северного в Средний Каспий. Аномальным следует считать только вызванное дождевыми паводками резкое увеличение сбросов воды с Волгоградской ГЭС и, соответственно, объемов химического стока в море в ноябре-декабре 2012 года.

На основе анализа пространственно-временной изменчивости содержания нефтепродуктов в морской воде показано, что их концентрация, равная 0,05 мг/л или 1 ПДК, для северо-западной части Каспийского моря является естественным фоном. Это факт еще раз указывает на необходимость разработки региональных ПДК. Ранней осенью концентрация нефтепродуктов в воде была близка к фоновой, затем возросла, но только в северной части моря. Аналогичная картина была характерна для СПАВ. Таким образом, изменения объема поступления нестойких органических загрязнителей (НОЗ) со стоком Волги влияет на их концентрацию в водах Северного Каспия, но никак не отражается на содержании НОЗ в воде на южной и юго-восточной границах российского сектора недропользования.

Программой работ было предусмотрено параллельное определение тяжелых металлов (ТМ) в воде, взвеси и донных отложениях. Благодаря этому было показано, что концентрация ТМ во взвеси существенно выше, чем в воде и донных отложениях. На основе анализа динамики ТМ в различных компонентах морской среды показано, что металлы во взвешенном виде активно вовлекаются в транспорт взвешенных наносов из Северного Каспия в глубоководную Дербентскую котловину.

В этот путь естественной миграции взвешенных частиц вовлечены не только тяжелые металлы, но также адсорбированные на взвеси органические загрязнители. В частности, это видно из того, что наибольшее содержание нефтепродуктов в донных отложениях (10 и более мг/кг) было обнаружено в осадках Дербентской котловины. Судя по характеру пространственного распределения илистых фракций, ОВ и загрязняющих веществ в донных отложениях, скорость этой миграции может усиливаться или затухать в зависимости от гидродинамических условий. Взвешенные частицы, обогащенные загрязнителями, могут временно осаждаться в северной части Дагестанского шельфа.

В частности, зоной аккумуляции стойких органических загрязнителей осенью 2012 года выступили донные отложения в северной части Дагестанского шельфа. Но и здесь концентрация ХОП и ПХБ не превышала 10 мкг/кг. В воде ПХБ и ХОП были обнаружены лишь в отдельных пробах, где их концентрация не превышала 10 нг/л. Максимальная концентрация ПАУ, в составе которых по массе преобладал нафталин, в донных отложениях составила 700 мкг/кг и также была зарегистрирована на Дагестанском шельфе. В воде она достигала 0,2 мкг/л, при этом наибольшие значения были зафиксированы на Мангышлакском пороге.

В ходе работ, выполненных в 2012 году, в воде и донных Каспийского моря впервые было определено содержание фталатов – эфиров фталевой кислоты, некоторые из которых являются высокотоксичными соединениями. Присутствие фталатов в воде было обнаружено только в одной пробе. Повышенное содержание фталатов в донных отложениях была характерно для прибрежных районов, в т.ч. подверженных влиянию речного стока (на разрезе Северный до 3,9 мг/кг, в Кизлярском заливе до 1,8 мг/кг). Уровень загрязнения фталатами донных отложений Каспийского моря можно охарактеризовать как средний - он ниже, чем в Рейне и реках Японии, но выше, чем в дельте Миссисипи и в Мексиканском заливе.

Полученные осенью 2012 года данные указывают на существование механизма самоочищения моря, работу которого можно представить следующим образом. Растворенные загрязняющие вещества, поступающие в зону смешения речных и морских вод как со стороны реки, так и со стороны моря, адсорбируются здесь на автохтонной и аллохтонной взвеси. Далее они вместе с загрязняющими веществами, которые до этого уже пребывали во взвешенном состоянии, вовлекаются в поток взвешенных наносов, следующий из Северного в Средний Каспий, в глубоководной котловине которого эта смесь подлежит безвозвратному захоронению.

О существовании данного механизма свидетельствуют и результаты комплексной оценки загрязнения, выполненной для каждого из районов моря и компонентов морской среды с использованием нового ансамблевого метода. Большинство районов моря в соответствии с данной оценкой осенью 2012 года характеризовались как умеренно-загрязненные. Исключением стали воды на разрезе ША (вдоль которого сосредоточен волжский сток), а также донные отложения в Дербентской котловине (т.е. компоненты среды в начальном и конечном пунктах миграции загрязняющих веществ), которые характеризовались как загрязненные, грязные и очень грязные.

Утвержденная Росгидрометом «Программа мониторинга трансграничных водных объектов Каспийского моря» рассчитана на 3 года, в 2013 году ее реализация будет осуществляться в 3 этапа, включая летний сезон. Результаты исследований, выполненных в 2013 году, будут обобщены в следующем обзоре.

Introduction

The study of the state and pollution of the marine environment in the north-western part of the Caspian Sea in 2012 was held within the framework of "Activities on renewal of operation of the state observation network" of the FTP "Development of the water economy complex of the Russian Federation in 2012-2020", adopted by Roshydromet Order No. 308 from 04/06/2012 in accordance with the "Programme of monitoring of trans-boundary water bodies of the Caspian Sea in 2012-2014" adopted by Department for Environmental Monitoring, Polar and Marine Works 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, trans-boundary 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.

Regular observations of marine water pollution in the Soviet Union started in 1966 and became systematic in 1977 after the adoption of the first stage of OGSNK Programme (State Service of Observations and Control of Environmental Objects). Starting from 1986 the observations were held in accordance with the second stage of OGSNK Programme in coastal areas and open sea. After the collapse of the Soviet Union and the lack of funding for field works, the observations in the open part of the Caspian Sea were terminated. The lack of funds also lead to wearing out of tools and instruments.

After the Framework Convention for the Protection of the Marine Environment of the Caspian Sea came into effect in August 2006, the development of the joint programme of the Caspian Sea environmental monitoring (hereinafter referred to as the International Monitoring Programme - IMP) started under the auspices of UNEP and CEP/CASPECO. The draft Programme was adopted by the Conference of the Parties. The implementation of joint monitoring is also provided for by the Protocol on sea protection from pollution from land based sources, which is enclosed to the Convention. The Protocol has been agreed by the Parties and is prepared for signing.

Taking the abovementioned circumstances into consideration, the main objectives of the "Programme of monitoring of trans-boundary water bodies of the Caspian Sea in 2012-2014" were identified as follows:

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

Two large-scale expeditions and a vast volume of laboratory studies involving specialists of Roshydromet operational and research institutions were implemented in 2012 within the framework of the "Programme of monitoring of trans-boundary water bodies of the Caspian Sea in 2012-2014". The following institutions were involved: Astrakhan and Dagestan Hydrometeorological Centres, Caspian Marine Scientific Research Centre (Kaspmniz), State Oceanographic Institute (SOI) and "Science and production association "Typhoon".

On the basis of the materials provided a 6-volume Technical Report and a 2-volume Science and Technical Report were prepared. This Review presents the latest summary of the obtained materials prepared jointly by Kaspmniz and SOI. The Review consists of several sections. The first section covers the information on management and implementation of activities. The second section describes the

chemical runoff from the territory of Russia into the Caspian Sea in the autumn of 2012. These sections are followed by materials describing hydrological and hydrochemical conditions, lithological and chemical conditions, spatial and temporal variability of water and bottom sediments pollution throughout the field work period. Further on, the results of special research implemented in 2012 within the framework of science and technical support of monitoring of transboundary water bodies are covered. The last section presents integrated assessment of marine environmental pollution, and the conclusion summarizes main outputs of the implemented activities.

1. Management and implementation of activities

In 2012 field works within the framework of monitoring of trans-boundary water bodies of the Caspian Sea were carried out in 10 areas and at 7 cross-sections (including 2 "century" cross-sections), and in the deltas of 3 rivers (the Volga, the Terek and the Sulak), at 104 marine observation points (oceanographic stations) and at 11 points of observation of surface water state and pollution (fig.1 and table 1). Field works comprised two stages. The first stage covered the period from September 20 to October 26, and the second stage - from November 1 to December 3.

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

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

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

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

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

The analysis of bottom sediment samples for non-persistent organic pollutants taken in the area of responsibility of Dagestan HMC was carried out in the certified laboratory of Astrakhan HMC.

The analysis of granulometric composition of bottom sediments and suspended matter irrespectively of sampling location was performed by KaspMNIZ with help of special certified organizations.

The analysis of all samples of water, bottom sediments and suspended matter for heavy metals irrespectively of sampling location was performed by the certified laboratory of Astrakhan HMC. Some samples of water, bottom sediments and suspended matter were simultaneously analysed for heavy metal content in the laboratories of SOI and SPA "Typhoon".

The analysis of water and bottom sediment samples for persistent organic pollutants (OCP, PCB, PAH and phthalates) was carried out by SPA "Typhoon".

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

KaspMNIZ provided organizational and methodical support of the activities. Science and technical support in the area of responsibility of Astrakhan HMC was provided by SOI. Science and technical support in the area of responsibility of Dagestan HMC was provided by KaspMNIZ. Astrakhan and Dagestan Hydrometeorological Centres prepared summary Technical Reports. SOI and KaspMNIZ have jointly prepared the Science and Technical Report and this Review.

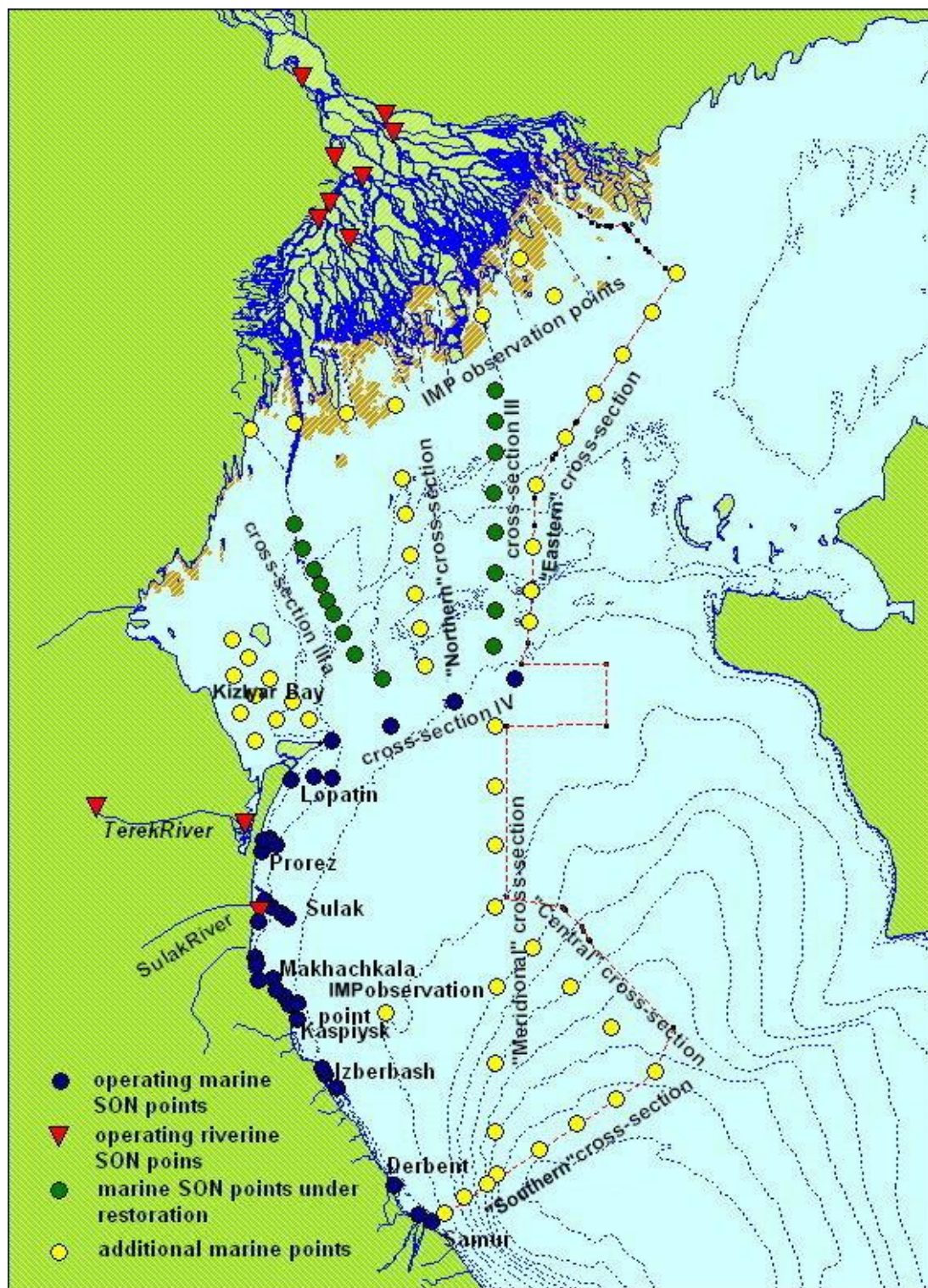


Fig. 1 Location map of observation stations of state and pollution of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012

Abbreviations: SON - State Observation Network, IMP - International Monitoring Program

Table 1

List of areas and observation stations of state and pollution
of transboundary water bodies of the Caspian Sea in 2012

SON – State Observation Network, IMP – International Monitoring Program

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
1. SON points in the Volga Delta		
Verkhnee Lebyazhye village	47° 48'	46° 45'
Astrakhan city	48° 00'	46° 25'
Astrakhan city	47° 57'	46° 16'
Krivaya Bolda river	48° 10'	46° 22'
Podchalyk village	48° 17'	46° 38'
Ilyinka village	47° 55'	46° 12'
Kamyzyak town	48° 04'	46° 07'
Krasny Yar village	48° 21'	46° 32'
2. IMP points in the Volga coastal area		
1 ip	49°16' 05.23"	45°54' 56.43"
2 ip	49°04' 23.17"	46°03' 19.24"
3 ip	48°51' 25.97"	45°47' 06.78"
4 ip	48°21' 40.66"	45°25' 38.17"
5 ip	48°01' 48.37"	45°23' 11.86"
6 ip	47°43' 35.46"	45°20' 48.50"
7 ip	47°30' 11.15"	45°18' 18.26"
3. "Eastern" cross-section		
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'
4. Section III of SON		
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'
5. "Northern" cross-section		
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'

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
6. Section IIIa of SON		
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'
7. SON points in the deltas of the Terek and the Sulak		
Karagali hydrosystem	46° 33'	43° 47'
Alikazgan	47° 23'	43° 38'
Sulak urban community	47° 31'	43° 16'
8. Kizlyar Bay		
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' 00"
9. Lopatin		
4	47° 43' 07"	43° 49' 08"
5	47° 49' 07"	43° 49' 01"
6	47° 54' 02"	43° 48' 02"
10. Prorez		
7	47° 34' 20"	43° 34' 08"
8	47° 33' 00"	43° 33'
9	47° 34' 06"	43° 33"
10 (st. 9 ip)	47° 38' 07"	43° 33"
11	47° 32' 07"	43° 31' 06"
11. Sulak		
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'

Point name and/or number	Coordinates	
	Longitude	Latitude
12. Makhachkala		
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"
13. Kaspiysk		
23	47° 41' 00"	42° 53' 08"
22	47° 39' 04"	42° 55' 07"
39 (st. 12ip)	47° 44' 01"	42° 50' 00"
40	47° 46' 06"	42° 53' 06"
14. Izberbash		
24 (st. 13ip)	47° 55' 06"	42° 33' 06"
25	47° 59' 06"	42° 30' 08"
26	47° 54' 08"	42° 35' 00"
15. Derbent		
27	48° 19' 40"	42° 03' 05"
28 (st. 14ip)	48° 19' 00"	42° 03' 09"
16. Samur		
29	48° 33' 04"	41° 54' 20"
30 (st. 15ip)	48° 30' 00"	41° 55' 40"
17. "Meridional" cross-section		
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"
18. "Central" cross-section		
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"
19. "Southern" cross-section		
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"

2. Chemical river runoff to the sea from the territory of Russia

Chemical river runoff to the Caspian Sea from the territory of Russia is formed under the impact of both natural and anthropogenic factors. So, the construction of water reservoirs produced a sufficient impact on the chemical composition of the Volga water in the downstream areas of the Volga: the concentration of suspended matter fell, water mineralization rose, the content of mineral biogenous salts (phosphates and nitrates) decreased, and the concentration of organic substance in water increased.

The current period (starting from the beginning of the current century) can be described by the decrease in concentration of oil products, synthetic surfactants and organochlorine pesticides in the Lower Volga water as compared with the last decades of the past century. However the concentration of some heavy metals (iron, zinc, nickel and copper) is still high.

Water mineralization in the Terek and the Sulak is relatively low; it is higher in the Sulak mainly due to the increased concentration of sulphates, chlorides and magnesium which is a result of peculiarities of chemical composition of the Sulak branch, Andiyskoye Koisu River, and of the river discharge regulation.

The results of chemical analysis of samples taken in the autumn of 2012 show that the Terek and the Sulak waters were enriched with oxygen, and the content of organic matter was relatively low judging by BOD and COD values. Mineral phosphorus concentration in the Sulak is lower than in the Terek, which can be explained by the growth of phytoplankton in water reservoirs. The content of other biogenous salts (nitrates and silicates) is mainly conditioned by geochemical factors.

The concentration of pollutants (oil products, synthetic surfactants, phenols, zinc and copper) in the Terek is significantly higher than in the Sulak, It is connected with the fact that the Terek basin is more economically developed than the Sulak basin, where no industrial enterprises are located with the exception of canning factories.

The assessment of water quality in the autumn of 2012 was held in accordance with RD 52.24.643-2002 "Method of integrated assessment of surface water pollution by hydrochemical parameters". According to Roshydromet observations in the recent years (2005 - 2010) the state of the Volga water and reservoirs pollution is assessed as 3 "b" class - "strongly polluted" or "a" - as "dirty".

Characteristic pollutants of the Volga water and reservoirs are listed as follows: metal compounds (Fe, Zn, Cu, Mn), organic matter (by COD), easily oxidable organic substances (by BOD₅), phenol and oil products. These parameters exceed MPC values in 50-100% of all the analysed water samples in some years or even every year. Mercury compounds have also been typical pollutants for the Lower Volga area.

In the autumn of 2012 the Volga water at all the observation points located in the delta (with the exception of one point) belonged to class 4 ("dirty"). Water at Krasny Yar point belonged to 3b class ("very polluted"). The only critical parameter in all the rivers and at all the observation points was the concentration of copper, which exceeded the MPC for fishery water bodies by 3-7 times. According to the data of studies, held in the autumn of 2012 waters of the Terek and the Sulak rivers belonged to class 3 of water quality ("polluted" and "strongly polluted").

Chemical runoff of the Russian rivers to the Caspian Sea in the autumn of 2012 was estimated on the basis of the data on chemical water composition and information on the discharge volume, provided by Astrakhan and Dagestan HMCs. The data on water discharge at the top of the delta and the data on chemical composition of the Volga water were used to estimate the chemical runoff of the Volga. The data of hydrological and hydrochemical observations at Alikazgan post and Sulak post were used to estimate the discharge of the Terek and the Sulak respectively.

Table 2

Water and chemical runoff of the Volga River to the Caspian Sea in the autumn of 2012

Discharge parameters	September	October	November	Total
River discharge, km³	12.57	12.83	14.72	40.12
Suspended matter, thousand tons	57.8	146.3	60.4	264.4
Dissolved oxygen, thousand tons	106.6	110.1	143.7	360.3
BOD₅, thousand tons	29.0	26.3	34.0	89.3
COD, thousand tons	403.2	331.1	354.8	1089.1
Calcium, thousand tons	500.3	369.5	496.1	1365.9
Magnesium, thousand tons	127.0	238.6	269.4	635.0
Sodium- Potassium, thousand tons	808.3	866.0	862.6	2536.9
Hydrocarbonates, thousand tons	1778.7	1660.2	2125.6	5564.4
Sulphates, thousand tons	1529.8	1421.6	1454.3	4405.7
Chlorides, thousand tons	267.7	591.5	625.6	1484.8
Mineral phosphorus, thousand tons	0.63	0.51	0.44	1.58
Nitrites, thousand tons	0.36	0.05	0.07	0.49
Nitrates, thousand tons	2.26	1.54	4.12	7.92
Ammonium nitrogen, thousand tons	0.25	0.13	0.15	0.53
Silicates, thousand tons	181.1	171.5	199.2	551.8
Mineralization, thousand tons	5024.2	5155.1	5854.1	16033.5
Oil products, thousand tons	0.50	0.90	0.59	1.99
Synthetic surfactants, thousand tons	0.88	0.64	0.74	2.26
Phenols, thousand tons	0.01	0.01	0.01	0.04
Iron total, thousand tons	2.77	3.08	4.12	9.97
Manganese, tons	91.76	80.83	72.13	244.72
Zinc, tons	140.78	121.89	247.30	509.97
Nickel, tons	202.38	347.69	125.12	675.19
Copper, tons	84.22	48.75	101.57	234.54
Lead, tons	6.41	20.91	44.60	71.93
Molybdenum, tons	2.51	1.67	1.62	5.80
Cobalt, tons	1.63	1.41	1.47	4.52
Cadmium, tons	0.38	0.51	0.74	1.63
Mercury, tons	0.15	0.01	0.06	0.22
Stannum, tons	20.49	17.45	40.92	78.86
Chromium, tons	11.56	6.03	7.51	25.10
DDT, tons	-	0.024	-	-
DDE, tons	-	0.017	-	-
γ-HCH, tons	-	0.003	-	-
α-HCH, tons	-	0.034	-	-

To make a comparative description of the contribution of different rivers to the chemical runoff to the Caspian Sea, we used the data for October, when the observations were carried out simultaneously in all the rivers. As it can be seen in Table 3, the Volga River brings the main contribution (up to 90% and more) to the chemical runoff from the Russian territory, as its water discharge greatly exceeds that of the Caucasian rivers. The contribution of the Caucasian rivers is obvious only in the discharge of suspended matter and mineral nitrogen compounds, which can be explained by the Volga discharge regulation (suspended matter is deposited in reservoirs and biogenous salts are absorbed by phytoplankton and water vegetation).

In October the Terek discharge didn't differ so much from the Sulak discharge as in August. That is why the differences in chemical runoff were mainly conditioned by differences in water chemical composition. In this connection it should be noted that the contribution of the Terek into Caspian Sea pollution is significantly higher than that of the Sulak. The exception was iron, which concentration in the autumn of 2012 was higher in the Sulak as a result of geochemical characteristics.

Table 3

Chemical river runoff from the RF territory to the Caspian Sea in October 2012

Hydrochemical parameters	Volga		Terek		Sulak		Total	
	<i>Unit of mass</i>	<i>%</i>	<i>Unit of mass</i>	<i>%</i>	<i>Unit of mass</i>	<i>%</i>	<i>Unit of mass</i>	<i>%</i>
Suspended matter, thousand tons	146.3	53.7	108.42	39.8	17.69	6.5	272.41	100
Dissolved oxygen, thousand tons	110.1	96.0	2.83	2.5	1.81	1.6	114.74	100
BOD5, thousand tons	26.3	98.5	0.23	0.9	0.16	0.6	26.69	100
COD, thousand tons	331.1	98.7	3.05	0.9	1.35	0.4	335.5	100
Calcium, thousand tons	369.5	92.1	19.43	4.8	12.12	3.0	401.05	100
Magnesium, thousand tons	238.6	96.1	4.16	1.7	5.47	2.2	248.23	100
Sodium- Potassium, thousand tons	866	99.7	1.11	0.1	1.69	0.2	868.8	100
Hydrocarbonates, thousand tons	1660.2	95.6	48.48	2.8	27.68	1.6	1736.36	100
Sulphates, thousand tons	1421.6	97.3	15.92	1.1	23.38	1.6	1460.9	100
Chlorides, thousand tons	591.5	97.9	7.02	1.2	5.63	0.9	604.15	100
Mineralization, thousand tons	5155.1	96.7	98.04	1.8	77.75	1.5	5330.89	100
Phosphates, thousand tons	0.51	97.1	0.012	2.3	0.003	0.6	0.525	100
Nitrites, thousand tons	0.05	68.5	0.016	21.9	0.007	9.6	0.073	100
Nitrates, thousand tons	1.54	29.6	1.888	36.3	1.771	34.1	5.199	100
Ammonium nitrogen, thousand tons	0.13	76.0	0.009	5.3	0.032	18.7	0.171	100
Silicates, thousand tons	171.5	98.7	1.73	1.0	0.52	0.3	173.75	100
Oil products, thousand tons	0.9	95.1	0.0339	3.6	0.0121	1.3	0.946	100
Synthetic surfactants, thousand tons	0.64	98.4	0.0074	1.1	0.003	0.5	0.6504	100
Phenols, thousand tons	0.01	88.5	0.0009	8.0	0.0004	3.5	0.0113	100
Iron total, thousand tons	3.08	98.7	0.0123	0.4	0.0281	0.9	3.1204	100
Zinc, tons	121.89	98.2	1.45	1.2	0.84	0.7	124.18	100
Copper, tons	48.75	95.6	1.51	3.0	0.74	1.5	51.00	100

3. Hydrological and hydrochemical conditions

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 4.

Table 4

Scheme of merging field work areas

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

Water temperature

In early autumn the surface water temperature was naturally higher than in the near-bottom layer (table 5). The range of temperature fluctuation in the near-bottom layer was higher than in the surface layer (Fig. 2-3). Seasonal cooling lead to smoothing of temperature differences between the surface and the near-bottom water layers. The range of water temperature fluctuation on the surface was higher than at the bottom.

Water salinity

The factors which determined the dynamics of salinity in the north-western part of the sea are the Volga discharge and the current bringing desalinated water along the western coast of the sea. Because of the reasons mentioned above water salinity in the autumn of 2012 as usual increased in the direction from the coast to the sea and from the surface to the bottom (Fig. 4-5). Horizontal and vertical salinity gradients are more pronounced in the North Caspian than in the Middle Caspian. Seasonal water temperature dynamics is more pronounced than seasonal salinity dynamics. It can be noted that in the autumn of 2012 eastern winds forced isohalines closer to the coastline, so the salinity decreased in coastal areas and either increased or stayed the same in the open sea parts.

Dissolved oxygen

The distribution of oxygen in the surface water layer in autumn when storm activity rises is mainly determined by temperature and salinity, which determine oxygen dissolubility. Oxygen concentration reduces as depth increases in the near-bottom layers which are not affected by wind mixing and autumn convection. In autumn oxygen concentration in surface water layer increases (due to increase in solubility in cold water), and in near-bottom layer it decreases as oxygen is used for oxidation of the organic matter. These are the characteristic features of oxygen dynamics in the north-western part of the sea in autumn, which were fully reproduced in the autumn of 2012 (Table 7 and Fig. 6-7).

Table 5

Water temperature in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, °C

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
Surface layer							
North Caspian	coastal	21.9	23.2	20.3	6.2	9.2	4.1
	open	18.3	22.4	14.8	12.1	18.1	8.4
Middle Caspian	coastal	20.9	23.6	18.0	12.2	17.3	5.5
	open	23.0	24.2	21.1	13.3	14.5	12.4
Bottom layer							
North Caspian	open	17.7	21.3	11.8	12.5	18.4	9.0
Middle Caspian	coastal	20.9	23.6	18.0	12.5	16.9	5.6
	open	8.2	13.5	5.9	6.8	13.0	5.2

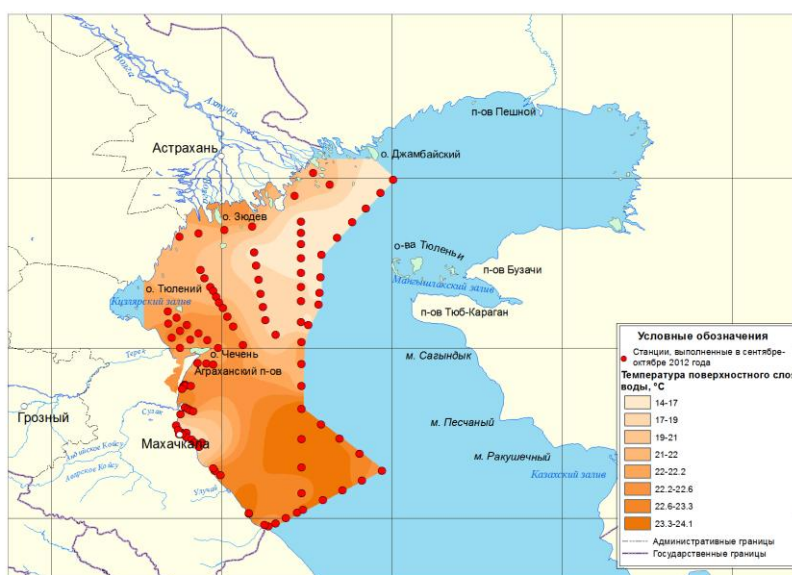


Fig. 2 Spatial distribution of surface water temperature (°C) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

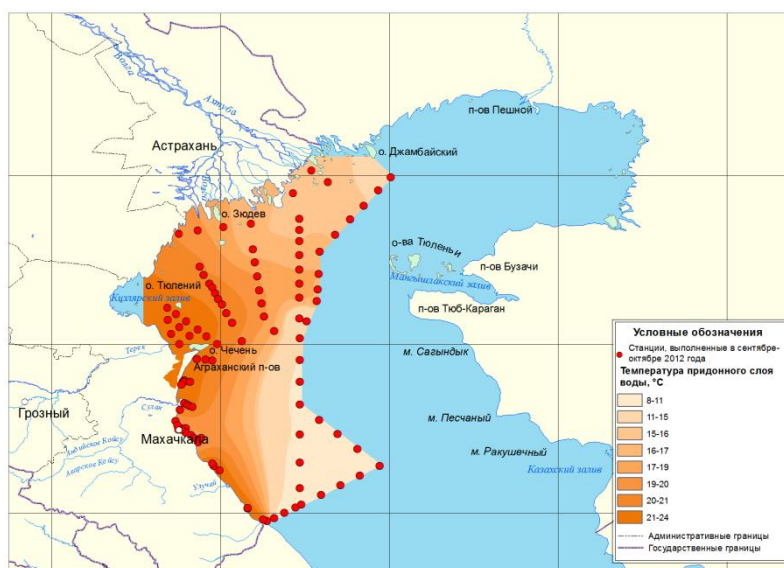


Fig. 3 Spatial distribution of water temperature in the near-bottom layer (°C) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

Table 6

Water salinity in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, ‰

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
Surface layer							
North Caspian	coastal	3.3	9.9	0.4	2.5	5.62	0.38
	open	9.3	12.2	2.9	9.6	12.26	4.25
Middle Caspian	coastal	10.3	11.9	7.2	9.9	11.74	5.98
	open	12.3	12.6	12.0	12.3	12.53	11.62
Bottom layer							
North Caspian	open	9.7	12.5	3.0	10.6	12.56	4.31
Middle Caspian	coastal	10.6	11.9	7.3	10.2	16.9	5.6
	open	12.5	12.8	12.2	12.5	12.68	11.75

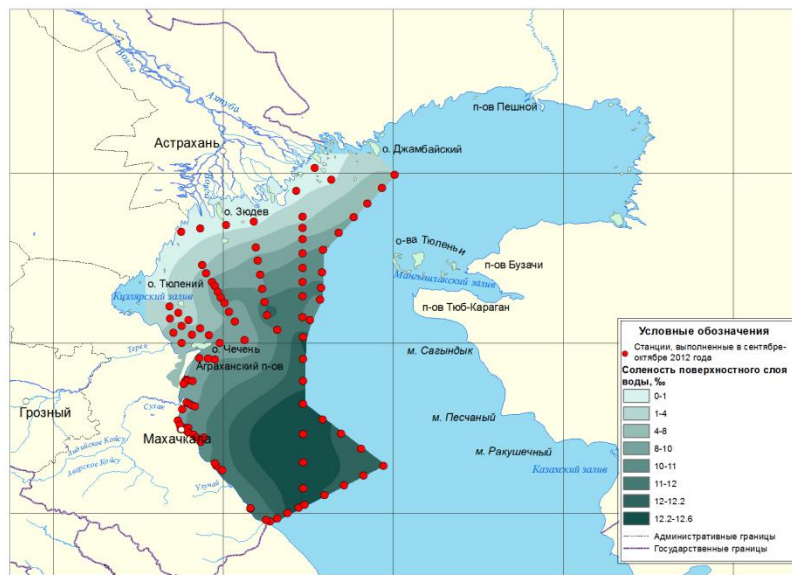


Fig. 4 Spatial distribution of surface water salinity (‰) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

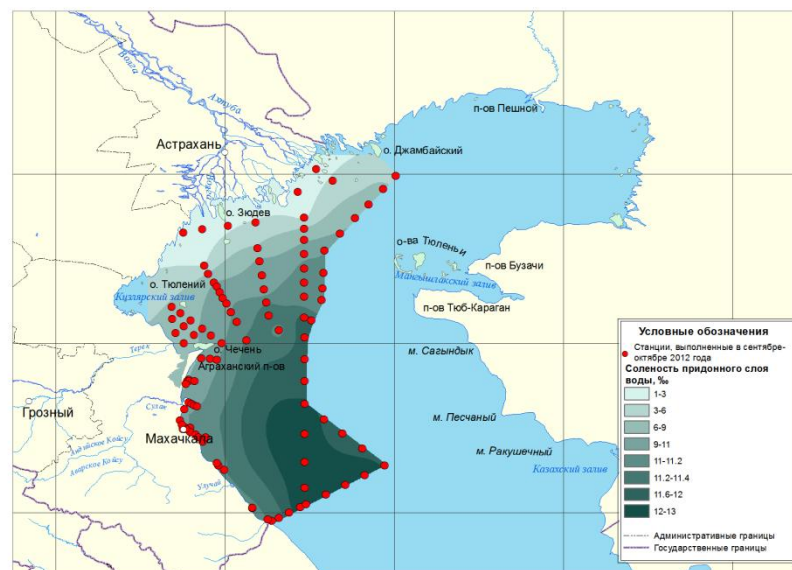


Fig. 5 Spatial distribution of water salinity in the near-bottom layer (‰) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

Table 7

**Dissolved oxygen in the water of the north-western part of the Caspian Sea
in the autumn of 2012, mg/l**

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
Surface layer							
North Caspian	coastal	9.20	9.9	8.4	11.67	12.44	10.87
	open	8.90	10.1	8.1	9.99	11.99	8.79
Middle Caspian	coastal	8.40	10.4	6.8	10.22	11.93	8.68
	open	8.10	8.3	7.8	9.68	10.63	8.89
Bottom layer							
North Caspian	open	9.70	10.2	7.0	9.43	12.03	8.36
Middle Caspian	coastal	8.00	9.2	7.0	10.10	10.78	8.56
	open	4.60	8.8	0.3	4.25	8.50	0.69

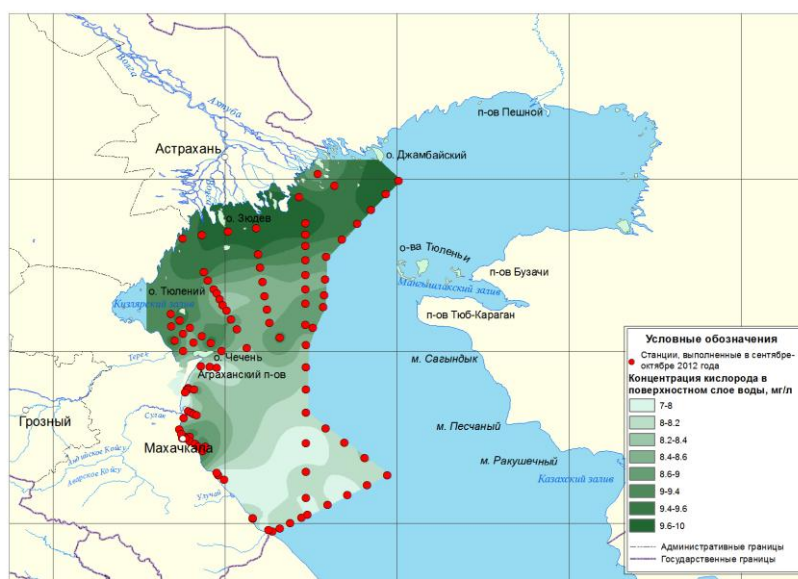


Fig. 6 Spatial distribution of dissolved oxygen in surface water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

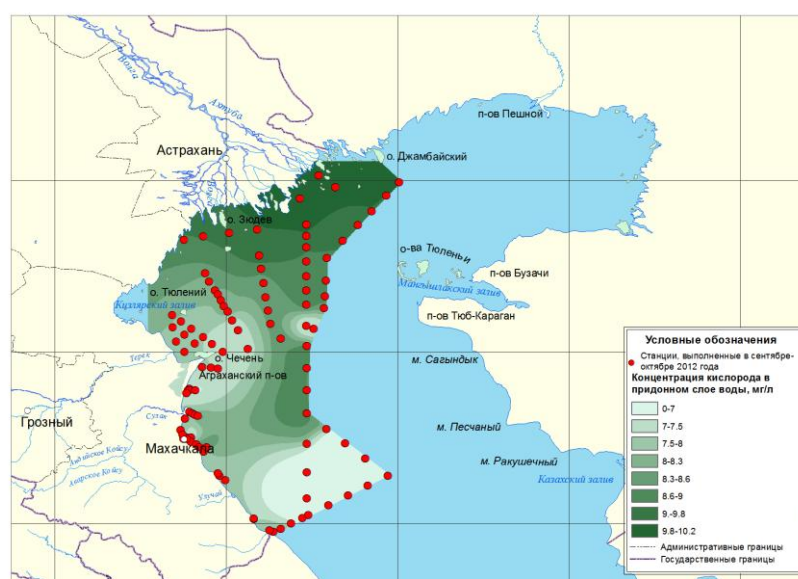


Fig. 7 Spatial distribution of dissolved oxygen in near-bottom water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

4. Lithological and chemical conditions

Granulometric composition: shell

In the north-western part of the Caspian Sea at the depth ranging from 10 to 100 m shell is often a dominant component of marine deposits, its relative content at some stations can reach 70-90%. In the autumn of 2012 shell fields were identified in the central basin of the western part of the North Caspian, at the shelf valley of the Middle Caspian, located between the Mangyshlak Threshold and the Derbent basin, and in the southern part of Dagestan shelf (Fig. 8-9). The nature of spatial distribution of shell in the north-western part of the sea is quite constant, and the relative content of this fraction is subject to definite, though small fluctuations (Table 8) conditioned by the dynamics of fine-grained deposits.

Granulometric composition: coarse sand

Coarse sand is rarely the dominant fraction in the north-western part of the Caspian Sea (Table 9). Relatively high (20-30%) content of coarse sand in the autumn of 2012 was registered at Kulaly and Mangyshlak Thresholds, the first one dividing the eastern and the western parts of the North Caspian, and the second one dividing the North and the Middle Caspian (Fig. 10-11). The increased content of coarse sand was also registered in the southern part of Dagestan shelf. The nature of spatial distribution of this fraction didn't suffer great changes from early to late autumn.

Granulometric composition: fine sand

The relative content of fine sand in North Caspian bottom sediments is on average by several times higher than in the Middle Caspian, which can be considered the main characteristic of spatial distribution of fine sand in present-day sediments of the north-western part of the Caspian Sea (table 10). In the North Caspian, fine sand dominates in bottom sediments of the shallow coastal Volga area and in the southern part of the Volga depression, between Chechen Island and Bolshaya Zhemchuzhnaya (Fig. 12-13). These areas of fine sand accumulation are stable; they are not subject to seasonal fluctuations

Granulometric composition: aleurite

Aleurite is rarely the dominant fraction in the present-day marine sediments of the north-western part of the Caspian Sea. The main characteristic feature in spatial distribution of this fraction is its increased content in bottom sediments of coastal areas (table 11). The concentration of aleurite was increased at the denting of the Volga coastal water, in the Kizlyar Bay and the adjacent area located between islands Tyuleniy and Chechen. These accumulation zones are stable (Fig. 14-15).

Granulometric composition: pelite

A higher content of pelite is characteristic of the Middle Caspian bottom sediments as compared to North Caspian sediments, as far as north-western part of the Caspian Sea is concerned. In the Middle Caspian pelite dominates in the northern part of Dagestan shelf and on the slope of the Derbent basin; in the North Caspian the local area of pelite accumulation is located in the northern part of the Volga depression (Fig. 16-17). Pelite concentration in bottom sediments in the North Caspian decreased from early to late autumn, and rose in the Middle Caspian (Table 12). It means that when storm activity and cyclonic circulation increase, the export of silt particles from the North to the Middle Caspian accelerates.

Organic matter (OM)

The dynamics of the organic matter in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea resembles that of pelite. OM accumulation zones in the Middle Caspian are located in the northern part of Dagestan shelf and on the slope of the Derbent basin, and in the North Caspian - in the northern part of the Volga depression (Fig. 18 - 19). OM concentration in bottom sediments decreased in the bottom sediments of the North Caspian Sea from early to late autumn, and it increased in the Middle Caspian (Table 13). It means that when storm activity and cyclonic circulation increase, the suspended organic matter is exported with silt particles from the North to the Middle Caspian.

Table 8

Shell (particle size more than 1.6 mm) in the bottom sediments of the north-western part of the North Caspian in the autumn of 2012

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	7.1	28.7	0.2	6.2	19.4	0.0
	open	21.7	76.9	0.4	21.3	72.4	2.2
Middle Caspian	coastal	9.2	65.0	0.0	7.1	67.1	0.0
	open	24.8	84.8	0.0	19.5	94.0	0.0

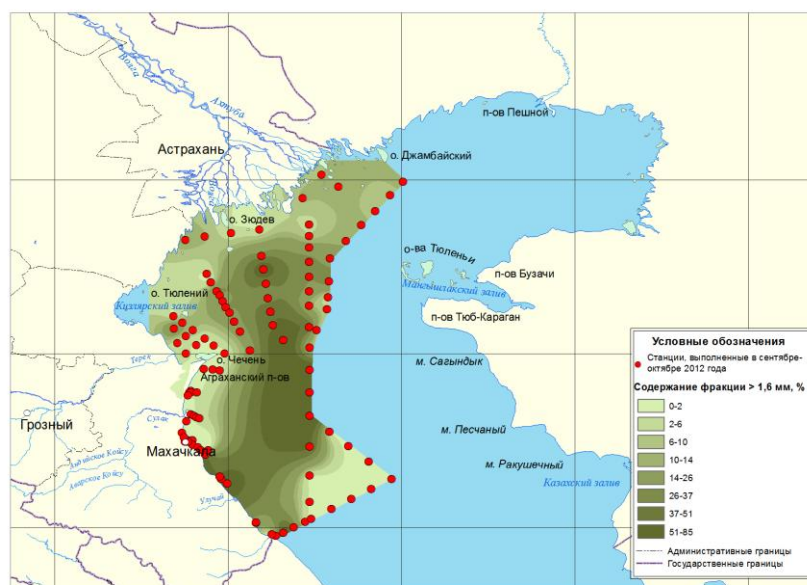


Fig. 8 Spatial distribution of shell in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

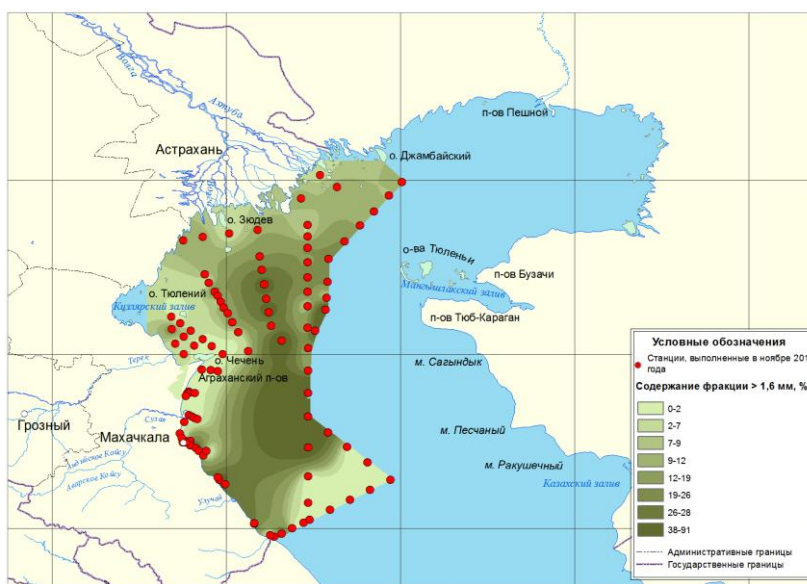


Fig. 9 Spatial distribution of shell in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

Table 9

Coarse sand (1.6 - 0.4 mm) in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, %

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	8.6	28.3	0.9	13.0	65.7	0.6
	open	27.1	78.2	1.8	26.0	72.5	1.7
Middle Caspian	coastal	11.3	63.5	0.1	6.8	46.8	0.2
	open	6.3	35.6	0.0	4.0	18.2	0.2

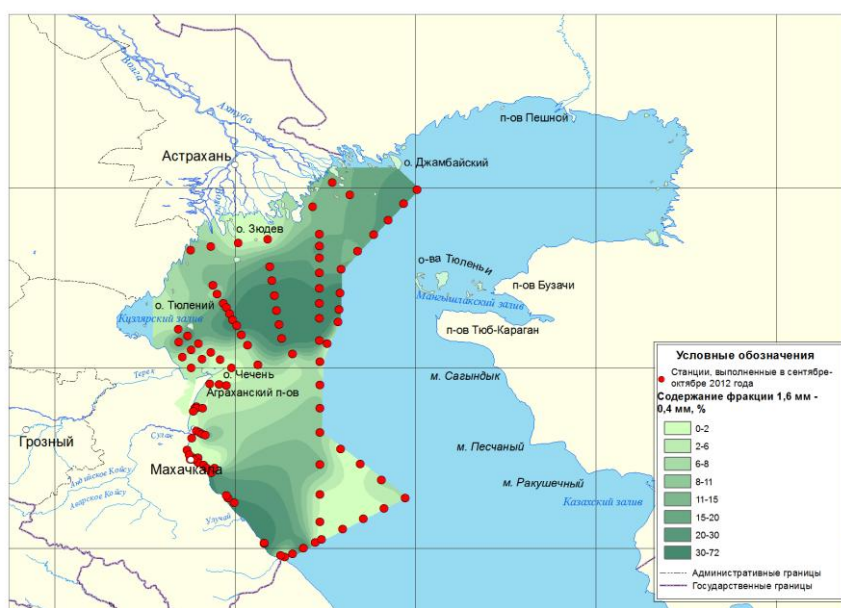


Fig. 10 Spatial distribution of coarse sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

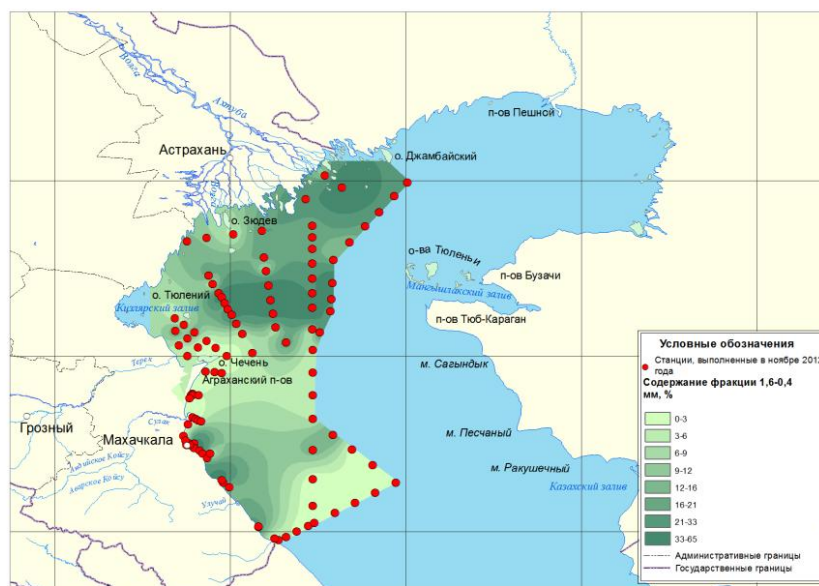


Fig. 11 Spatial distribution of coarse sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

Table 10

**Fine sand (0.4 - 0.1 mm) in the bottom sediments of the north-western part
of the North Caspian in the autumn of 2012**

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	48.2	70.75	5.99	38.2	27.8	4.6
	open	33.7	70.74	2.42	41.7	35.8	4.9
Middle Caspian	coastal	18.6	88.1	0.4	15.6	59.7	3.9
	open	8.5	54.0	0.0	12.0	93.0	29.9

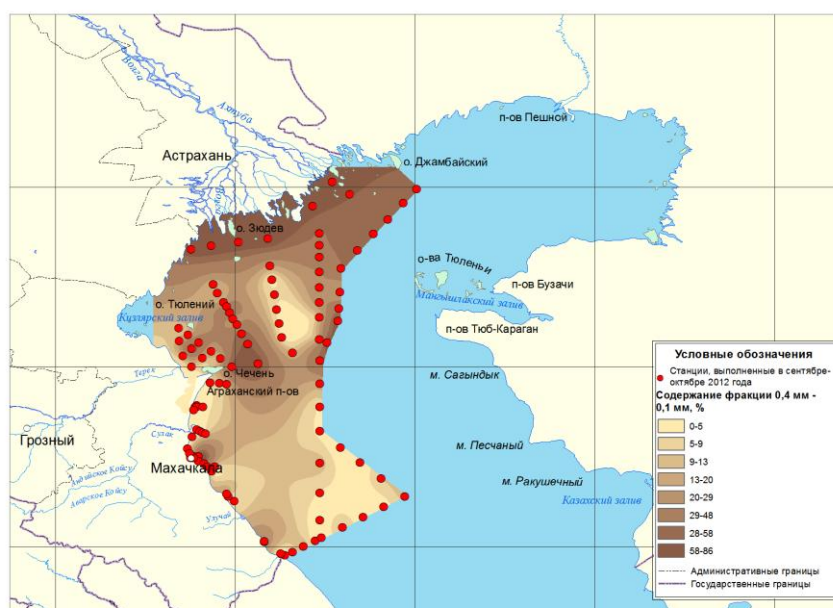


Fig. 12 Spatial distribution of fine sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

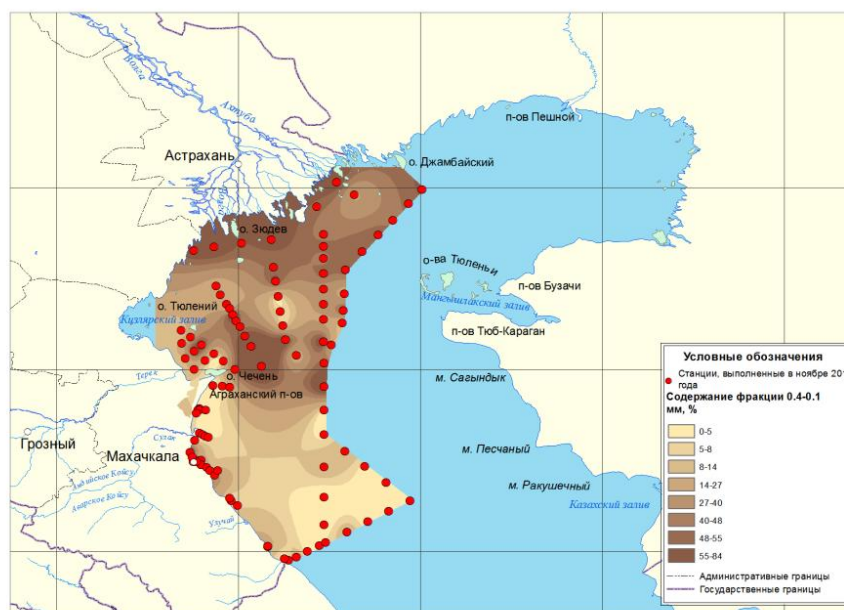


Fig.13 Spatial distribution of fine sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

Table 11

Aleurite (0.1 - 0.063 mm) in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, %

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	17.8	65.4	2.1	21.8	76.7	0.4
	open	10.0	54.2	0.0	8.37	25.5	0.3
Middle Caspian	coastal	9.47	57.7	0.1	6.69	26.3	0.0
	open	3.63	26.3	0.0	3.24	12.9	0.1

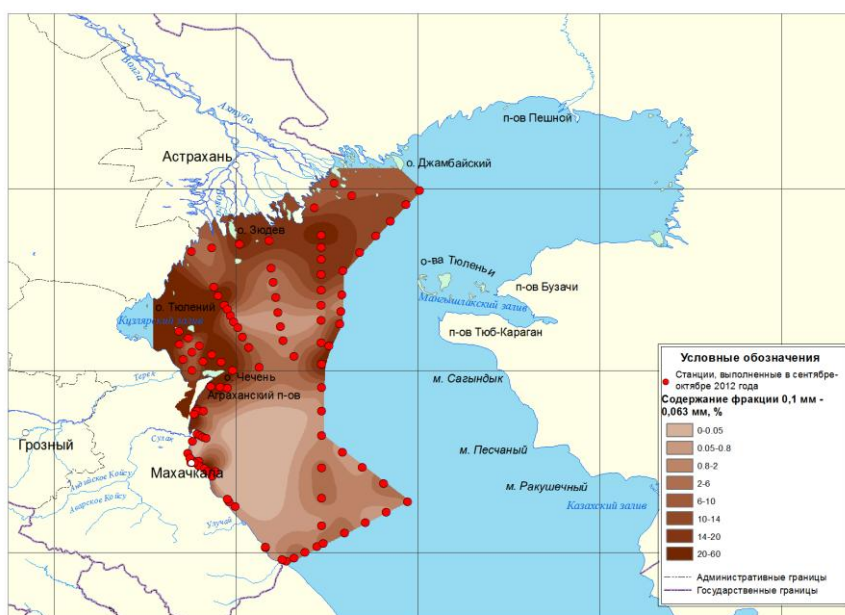


Fig. 14 Spatial distribution of aleurite in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

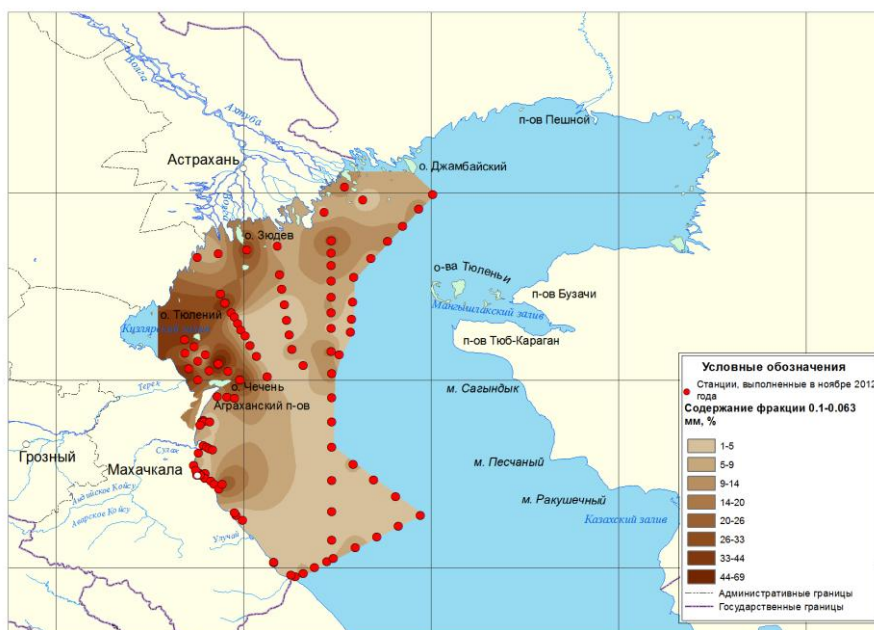


Fig. 15 Spatial distribution of aleurite in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

Table 12

Pelite (less than 0.063 mm) in the bottom sediments of the north-western part of the North Caspian in the autumn of 2012

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	23.7	81.5	0.9	20.8	76.4	0.5
	open	5.5	66.0	0.3	2.6	10.8	0.0
Middle Caspian	coastal	51.5	99.0	0.3	63.8	97.6	0.1
	open	58.3	100	0.5	61.2	99.2	0.3

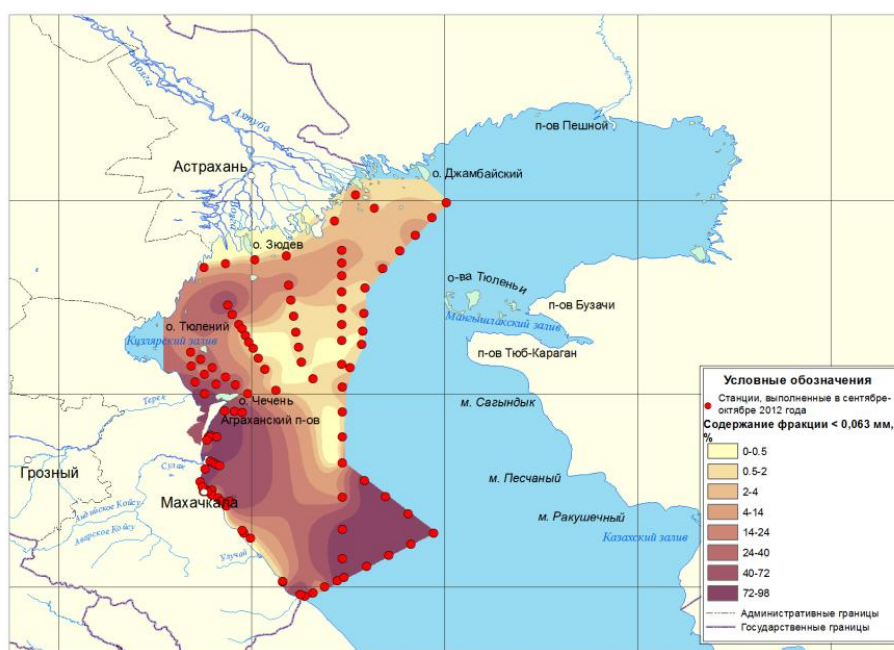


Fig. 16 Spatial distribution of pelite in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

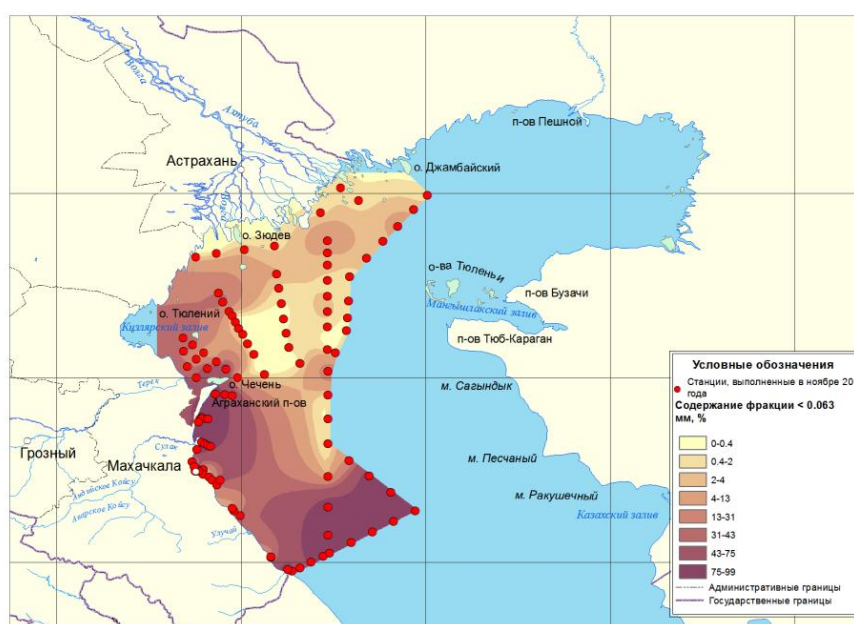


Fig. 17 Spatial distribution of pelite in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

Table 13

**Organic matter in the bottom sediments of the north-western part
of the North Caspian in the autumn of 2012**

Sea sector	Water area	Early autumn			Late autumn		
		mean	max	min	mean	max	min
North Caspian	coastal	0.96	2.60	0.15	0.80	2.22	0.23
	open	0.53	6.25	0.06	0.43	1.20	0.11
Middle Caspian	coastal	1.01	2.92	0.08	2.58	5.47	0.02
	open	1.44	5.01	0.15	1.97	4.21	0.14

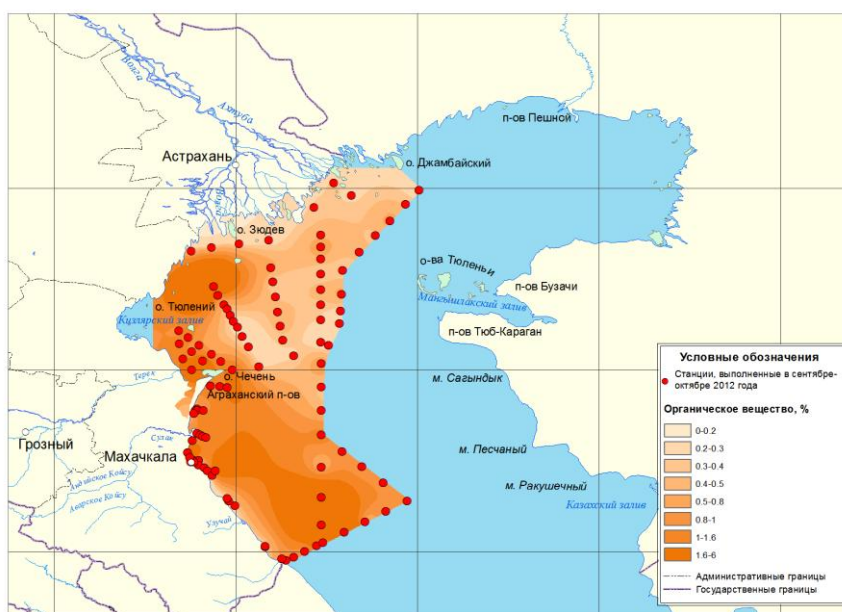


Fig.18 Spatial distribution of organic matter sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012

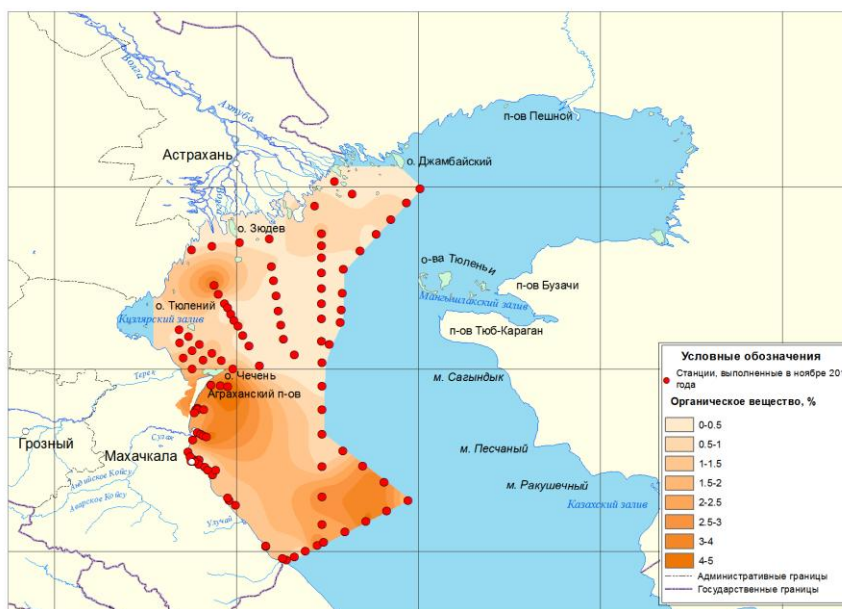


Fig.19 Spatial distribution of organic matter sand in the bottom sediments (%) of the north-western part of the Caspian Sea in November - December of 2012

5. Pollution of sea water and bottom sediments

To describe state and dynamics of marine environmental pollution we have used background concentration describing the contribution of external sources into the pollution of the water area, alongside with the average concentration. The difference between the average and the background concentration can be considered as an indicator of contribution of local processes (pollution or purification) to marine environmental pollution. Background concentration was estimated as the median of a spatial data series upon the analogy with geochemical background, so we should differentiate it from the standard background concentration used for regulation of discharges and calculated by means of a special method.

To describe spatial variability of marine environmental pollution 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 and Meridional cross-sections (stations 1m - 4m) and Eastern cross-section (see Fig. 1 and Table 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.

Oil products

Oil products in the north-western part of the Caspian Sea were quite evenly distributed in early autumn both vertically and horizontally. Their concentration in water which made 0.05 -0.07 mg/l should be considered as the geochemical background (Table 14). Local positive deviations from background were registered in the western part of the Volga coastal water, near Chechen Island, Bolshaya Zhemchuzhnaya Bank and in the south-eastern sector of the area under consideration (Fig. 20 - 21).

In late autumn the concentration of oil products in the water of the North Caspian and Dagestan coastal waters increased with the exception of southern areas of Dagestan shelf as a result of increase of oil products entry with the Volga discharge (see section 2). The concentration of oil products in water in the open part of the Middle Caspian slightly decreased. The circular charts show that the increase in oil products entry with the Volga discharge didn't affect their concentration in water in the southern, south-eastern and eastern parts of the Russian sector. The concentration rose only in the north-eastern part located within the Volga coastal area.

As it follows from the data in Table 14 and Fig. 22 the range of fluctuations of oil products content in bottom sediments in the north-western part of the Caspian Sea ranges from 1.1 to 113 mcg/g. Local areas with increased or decreased content of oil products in bottom sediments can't conceal the main pattern of their spatial distribution: concentration increases in the direction from the coast to the deep Derbent basin, which accumulates silt, organic matter and oil products in its bottom sediments.

Synthetic surfactants

The spatial distribution of synthetic surfactants in the waters of the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012 (Table 15, Fig. 23-24) shows that: 1) geochemical background of synthetic surfactants in water is their concentration close to 0.01 mg/l; 2) when the entry of synthetic surfactants with the Volga water decreases (early autumn), main sources of pollution of the Russian sector are the discharges of waste water from Dagestan coast and the advection of water from the eastern part of the North and the Middle Caspian; 3) when the entry of synthetic surfactants with the Volga water rises, it becomes the main pollution source in the North Caspian, but this increase does not affect the dynamics of synthetic surfactants in the waters of the Middle Caspian.

Table 14

Concentration of oil products in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/ kg)
in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012

Sea sector	Water area	Horizon	Early autumn				Late autumn			
			mean	background	max	min	mean	background	max	min
Sea water, mg/l										
North Caspian	coastal	surface	0.06	0.05	0.10	0.03	0.10	0.10	0.16	0.04
	open	surface	0.06	0.05	0.10	0.04	0.09	0.10	0.17	0.00
		bottom	0.06	0.06	0.11	0.04	0.09	0.10	0.21	0.00
Middle Caspian	coastal	surface	0.07	0.07	0.14	0.03	0.09	0.10	0.17	0.01
		bottom	0.07	0.07	0.10	0.04	0.10	0.11	0.24	0.00
	open	surface	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.04	0.11	0.01
		bottom	0.07	0.07	0.07	0.07	0.04	0.03	0.14	0.00
Bottom sediments (BS), mcg/kg										
North Caspian	coastal	BS	12.4	4.54	29.40	1.10	14.8	15.6	27.80	4.60
	open		23.4	22.0	56.40	2.80	19.5	19.8	35.80	4.90
Middle Caspian	coastal		36.2	28.4	114.00	3.60	28.1	24.5	59.70	3.90
	open		66.4	65.0	97.80	45.60	48.7	43.1	93.00	29.90

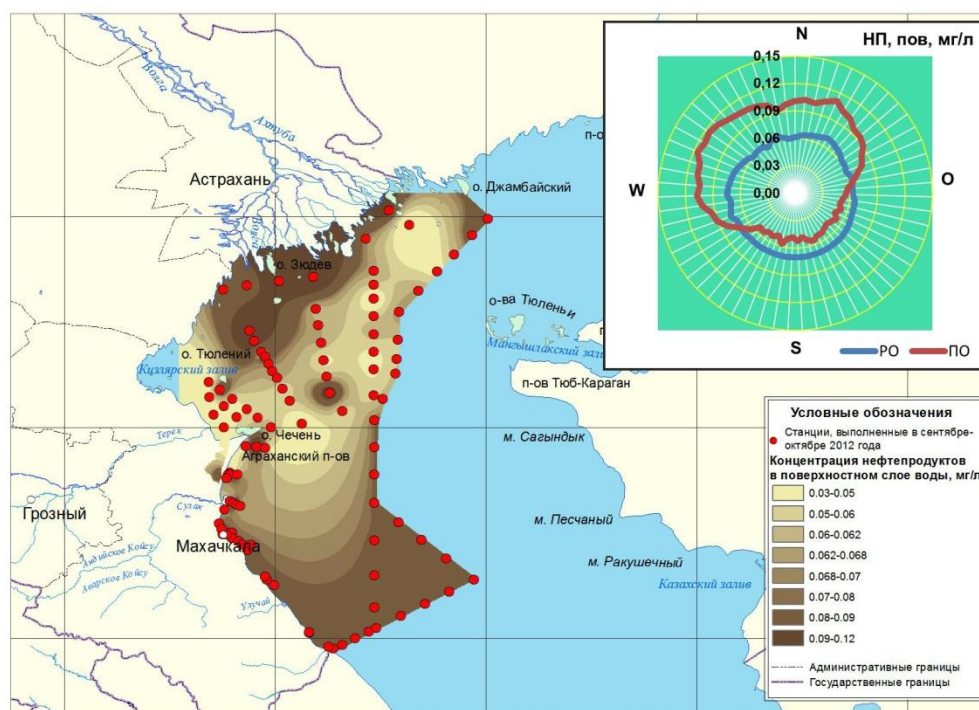


Fig.20 Spatial distribution of oil products in surface water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of oil products (OP) concentration in the surface water layer (mg/l) along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

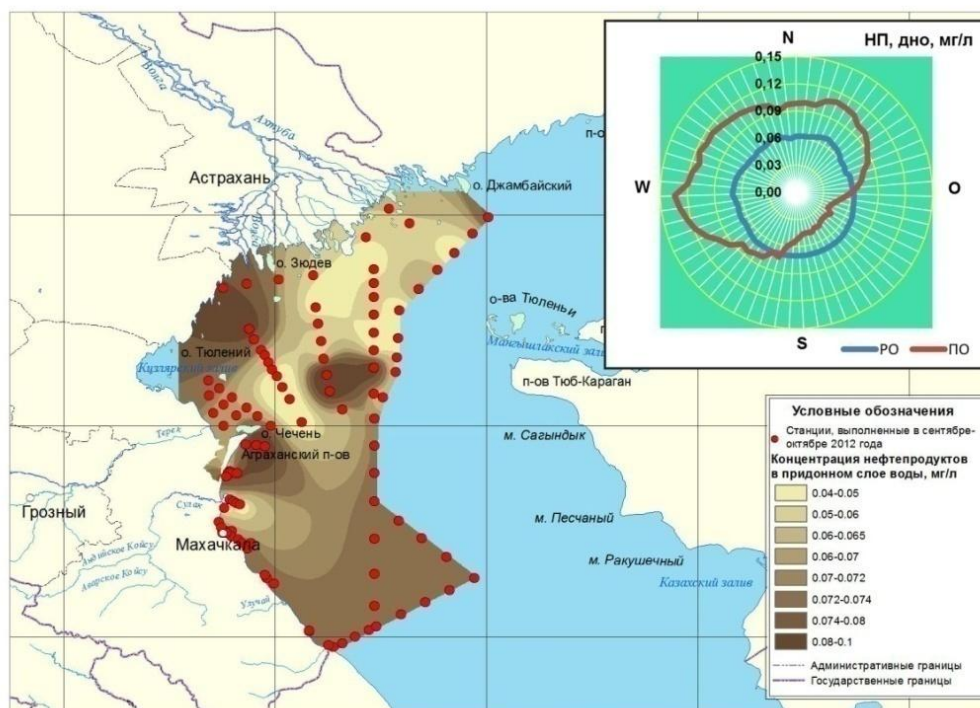


Fig. 21 Spatial distribution of oil products in near-bottom water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of oil products (OP) concentration in the near-bottom water layer (mg/l) along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values.

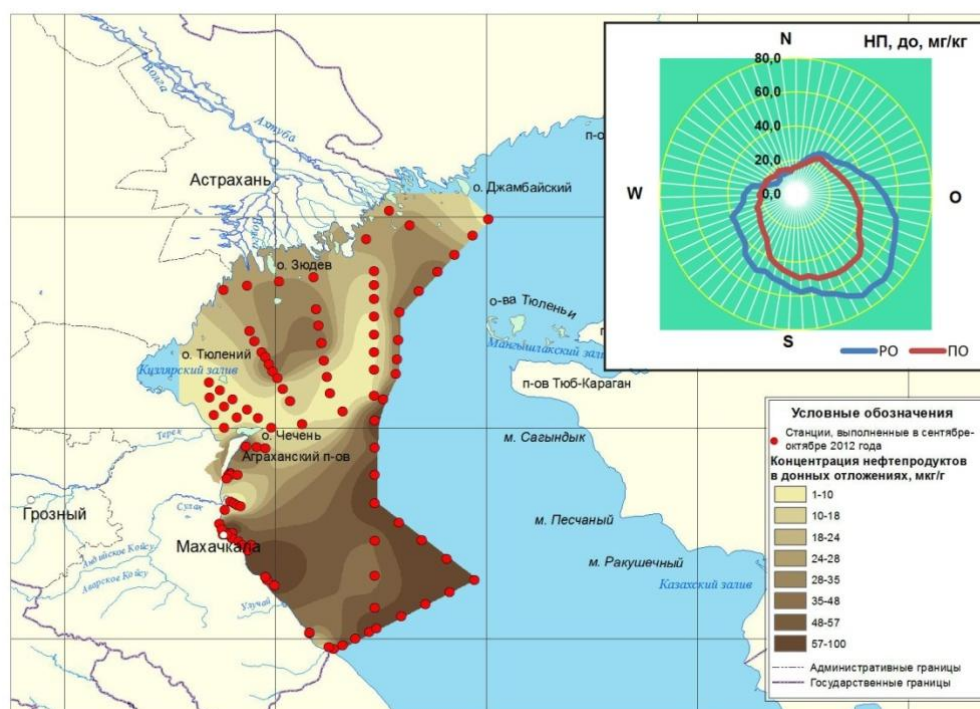


Fig. 22 Spatial distribution of oil products in the bottom sediments (mcg/kg) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of oil products (OP) concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values.

Table 15

Concentration of synthetic surfactants in water (mg/l) and bottom sediments (mcg/ kg) in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012

Sea sector	Water area	Horizon	Early autumn				Late autumn			
			mean	background	max	min	mean	background	max	min
Sea water, mg / l										
North Caspian	coastal	surface	0.00	0.00	0.020	0.005	0.01	0.01	0.033	0.000
	open	surface	0.00	0.00	0.015	0.003	0.01	0.01	0.025	0.005
		bottom	0.01	0.01	0.023	0.004	0.01	0.01	0.027	0.006
Middle Caspian	coastal	surface	0.01	0.01	0.029	0.006	0.01	0.01	0.023	0.000
		bottom	0.01	0.01	0.031	0.008	0.01	0.01	0.021	0.000
	open	surface	0.00	0.00	0.013	0.005	0.01	0.01	0.019	0.006
		bottom	0.01	0.01	0.017	0.007	0.01	0.01	0.018	0.000
Bottom sediments (BS), mcg/kg										
North Caspian	coastal	BS	4.82	3.65	21.22	2.21	8.92	1.61	27.80	0.55
	open		5.30	5.46	7.67	2.46	1.21	1.11	2.84	0.45
Middle Caspian	coastal		6.61	6.59	9.68	3.21	3.90	3.95	5.23	3.00
Caspian	open		8.10	7.48	14.52	2.74	5.01	4.93	6.19	4.37

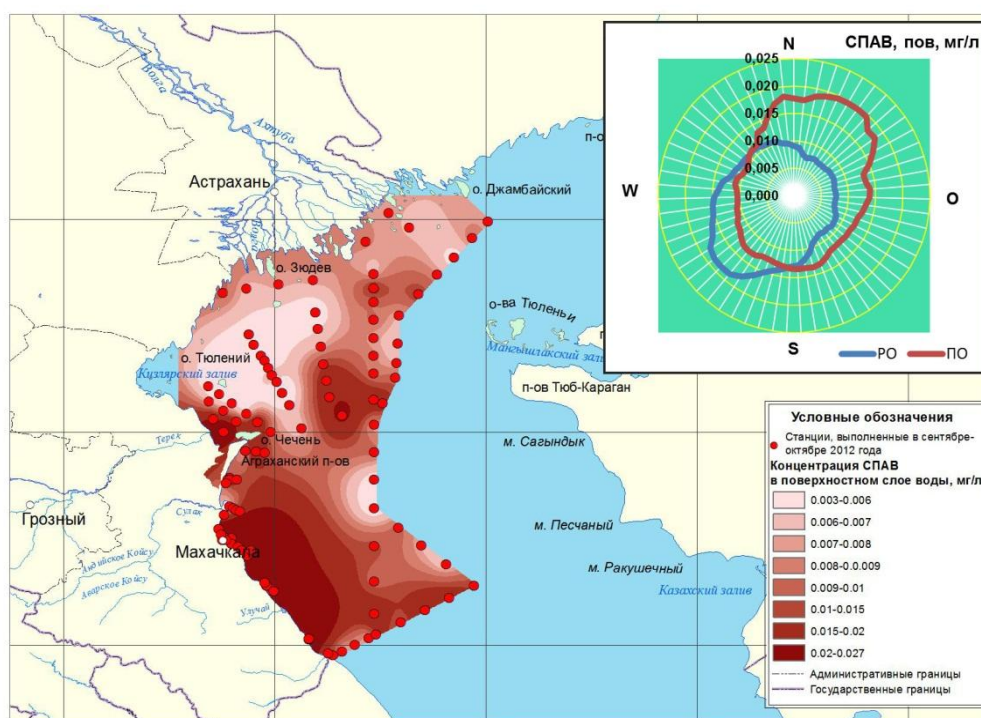


Fig. 23 Spatial distribution of synthetic surfactants in surface water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012 The circular chart describing the changes of synthetic surfactants concentration in the surface water layer (mg/l) along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values.

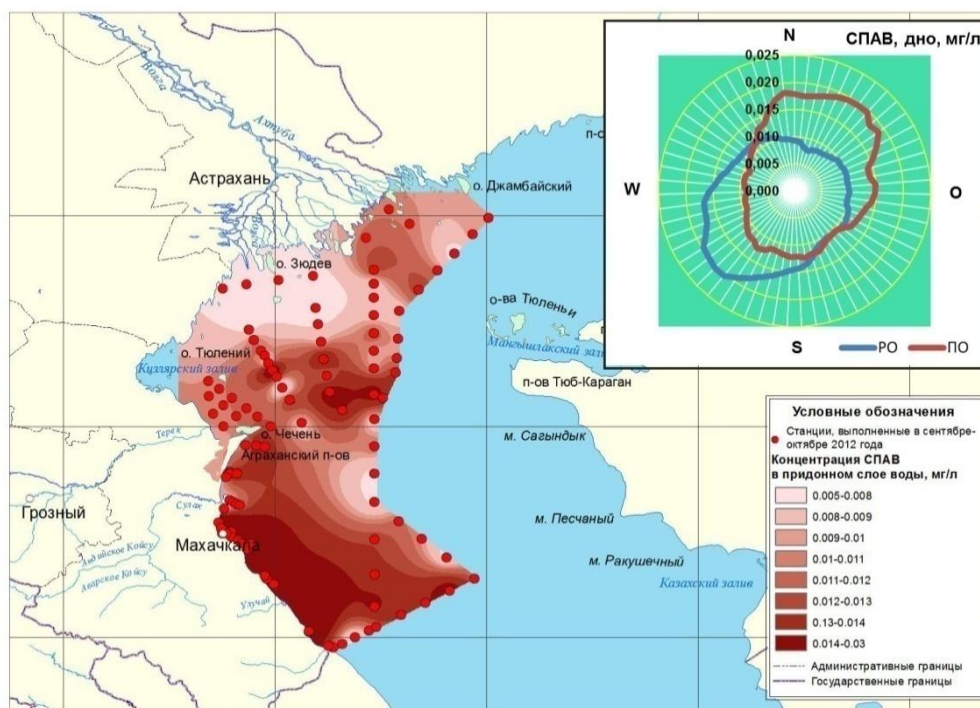


Fig. 24 Spatial distribution of synthetic surfactants in near-bottom water layer (mg/l) in the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of synthetic surfactants concentration in the near-bottom (bottom) water layer (mg/l) along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values.

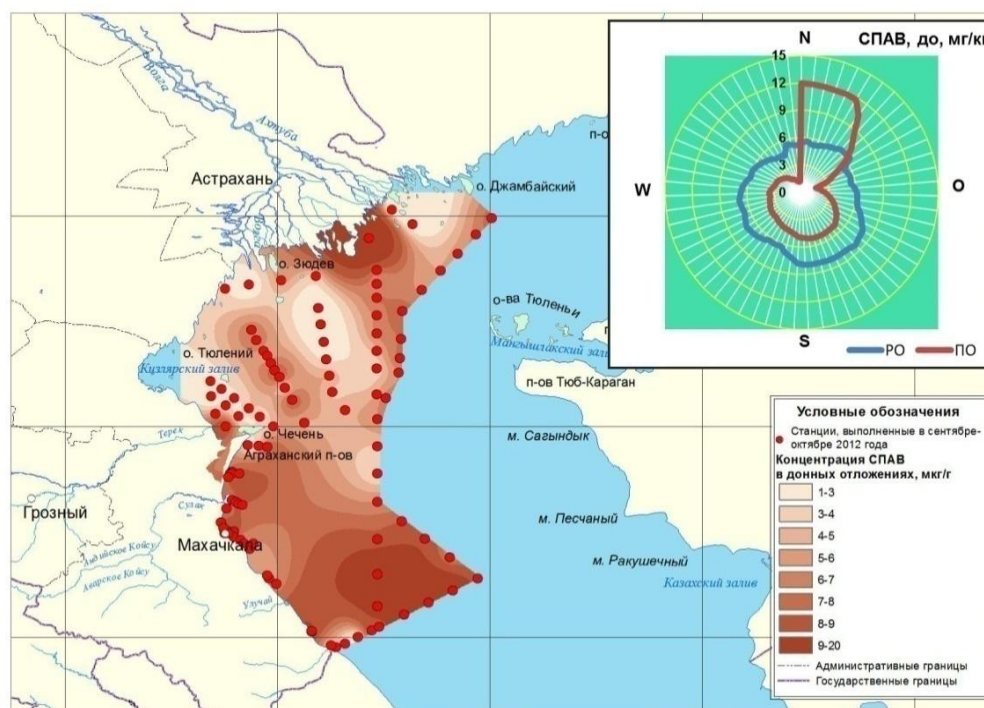


Fig. 25 Spatial distribution of synthetic surfactants in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of synthetic surfactants concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values.

The main pattern in the distribution of synthetic surfactants in the bottom sediments (as well as oil products) was the increase in their concentration in the direction from the coast to the deep Derbent basin. The difference is that synthetic surfactants display more distinct local pollution areas, the main area being the "spot" in the eastern part of the Volga coastal water, where the content of synthetic surfactants in bottom sediments peaked in late autumn.

Heavy metals

This review includes the data on content and correlation of heavy metals in water, suspended matter and bottom sediments in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012. It should be noted that sampling and analysis of suspended matter was held only in early autumn, so the data presented in Table 16 refer only to this season. The review also contains the maps of spatial distribution of heavy metals series in the bottom sediments and circular charts describing the dynamics of metal content in the autumn of 2012 at the border of the Russian Subsoil Management Sector of the Caspian Sea (Fig. 26 - 31).

According to the type of heavy metals distribution in water they can be subdivided into two groups. The first group includes the metals which concentration in the North Caspian in the autumn of 2012 was higher than in the Middle Caspian and/or decreased in the direction from the coast to the sea (iron, zinc, nickel, copper and mercury). The second group is to include manganese, lead and cadmium, which concentration in the Middle Caspian was higher than in the North Caspian, and/or increased in the direction from coast to the sea. It should be also noted that the metals belonging to the second group were characterized by a relatively high ratio *water/ suspended matter*.

North Caspian suspended matter contained more iron, manganese, nickel, copper and cadmium, while that in the Middle Caspian contained more zinc, lead and mercury. Concentration of iron, manganese and cadmium increased in suspended matter in the coastal areas of the north-western sea sector. This pattern of spatial distribution in the North Caspian was shown by zinc and in the Middle Caspian - by nickel, copper, lead and mercury.

The distribution of cadmium and copper in the bottom sediments of the north-western part of the sea in the autumn of 2012 was relatively homogeneous. The pattern for other metals was characterized by the change of concentration in the direction from the coast to the sea. The concentration rose in the North Caspian and declined in the Middle Caspian. The content of heavy metals in the coastal areas increased (with the exception of lead) in the direction from the north to the south, and it decreased in open sea part in most cases.

According to suspended matter / water correlation, heavy metals were identified as follows:

$Mn > Fe > Pb > Cd > Zn > Cu > Hg > Ni$

According to suspended matter / bottom sediments correlation, heavy metals were identified as follows:

$Cd > Pb > Zn > Mn > Ni > Hg > Cu > Fe$

According to these correlations, heavy metals can be subdivided into two groups. The first group which is characterized by the increased correlation *water/ suspended matter* and/or *suspended matter/ bottom sediments* includes iron, manganese, zinc, lead and cadmium. The second group includes copper, nickel and mercury, which can be described by a decreased correlation *water/ suspended matter* and/or *suspended matter/ bottom sediments*. It turned out that these two groups differ from each other by the nature of spatial distribution of metals in the bottom sediments. The metals of the first group can be described by a vast and stable accumulation zone in the bottom sediments of the northern part of Dagestan shelf (Fig. 26-28). The metals of the second group are characterized by "spotty" distribution - several local accumulation zones both in the northern and in the middle sea part.

Both these groups are described by the increase of concentration of all the metals with the exception of copper in the bottom sediments of the Derbent basin from early to late autumn. At the same time, the concentration declined in the northern and eastern areas of the considered water area (see pie charts at Fig. 26-28). Consequently, in the autumn of 2012 heavy metals were involved in a single migration flow with silt and organic matter. This flow is directed from the North Caspian to the Derbent basin, part of material is accumulated in the bottom sediments of the Dagestan shelf, especially in its northern areas.

Table 16

**Content and correlation of heavy metals in water, suspended matter and bottom sediments
in the north- western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, mg/kg**

Component of the marine environment	North Caspian		Middle Caspian	
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part
Iron				
Water	0.15	0.15	0.13	0.14
Suspended matter	14400	8400	14300	5100
Bottom sediments	5128	7946	9156	8894
Suspended matter / Water	96000	56000	110000	36428
Suspended matter/ BS	2.80	1.05	1.56	0.57
Manganese				
Water	0.0025	0.0034	0.0043	0.0055
Suspended matter	429.5	403.1	468.6	175.6
Bottom sediments	96.5	125.7	145.6	112.8
Suspended matter / Water	173886	119614	107972	31869
Suspended matter/ BS	4.45	3.20	3.21	1.55
Zinc				
Water	0.027	0.024	0.029	0.026
Suspended matter	190	89.4	167.1	220.2
Bottom sediments	45.4	50.8	52.9	48.2
Suspended matter / Water	7037	3725	5762	8469
Suspended matter/ BS	4.19	1.76	3.16	4.57
Nickel				
Water	0.050	0.042	0.035	0.022
Suspended matter	80.4	99.8	94.2	54.5
Bottom sediments	27.91	31.94	30.23	29.95
Suspended matter / Water	1608	2376	2691	2477
Suspended matter/ BS	2.88	3.12	3.12	1.82
Copper				
Water	0.009	0.009	0.008	0.005
Suspended matter	43.9	47.1	39.4	34.3
Bottom sediments	21.2	26.6	29.5	28.1
Suspended matter / Water	4878	5233	4925	6860
Suspended matter/ BS	2.07	1.77	1.34	1.22
Lead				
Water	0.0009	0.0042	0.0052	0.0067
Suspended matter	16.9	19.9	26.3	21.6
Bottom sediments	5.71	6.21	5.21	5.77
Suspended matter / Water	18778	4738	5058	3224
Suspended matter/ BS	3.0	3.2	5.0	3.7
Cadmium				
Water	0.00005	0.0001	0.00017	0.0002
Suspended matter	1.06	0.22	0.56	0.41
Bottom sediments	0.10	0.12	0.11	0.11
Suspended matter / Water	21200	2200	3294	2050
Suspended matter/ BS	10.6	1.83	5.09	3.73
Mercury				
Water	0.00002	0.00001	0.00002	0.00001
Suspended matter	0.03	0.06	0.08	0.07
Bottom sediments	0.02	0.03	0.03	0.03
Suspended matter / Water	1500	6000	4000	7000
Suspended matter/ BS	1.5	2.0	2.7	2.3

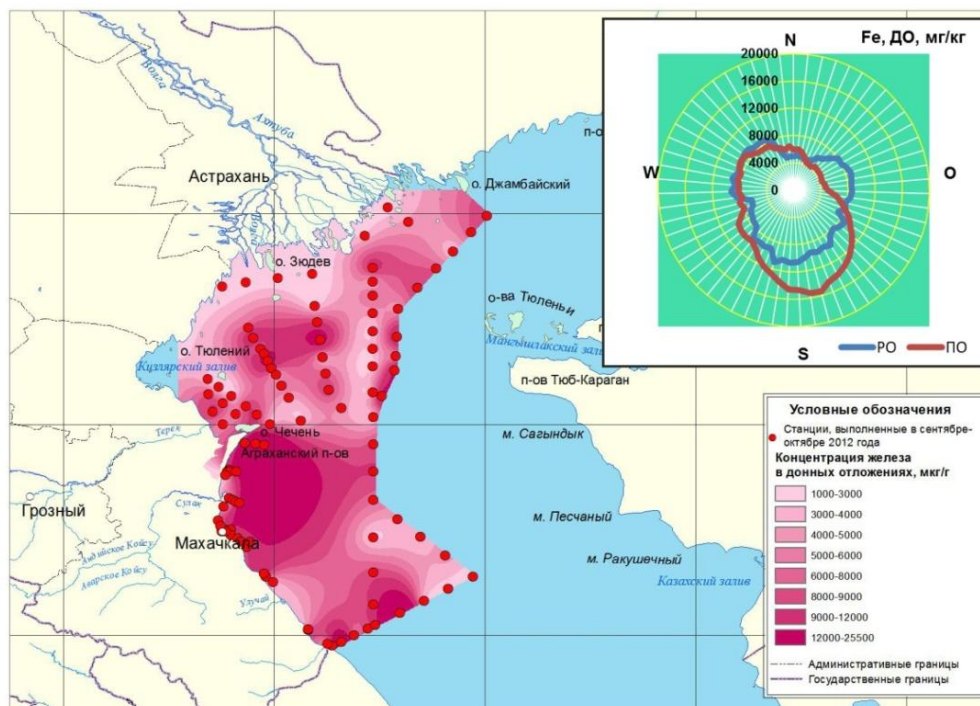


Fig. 26 Spatial distribution of iron in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of iron concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

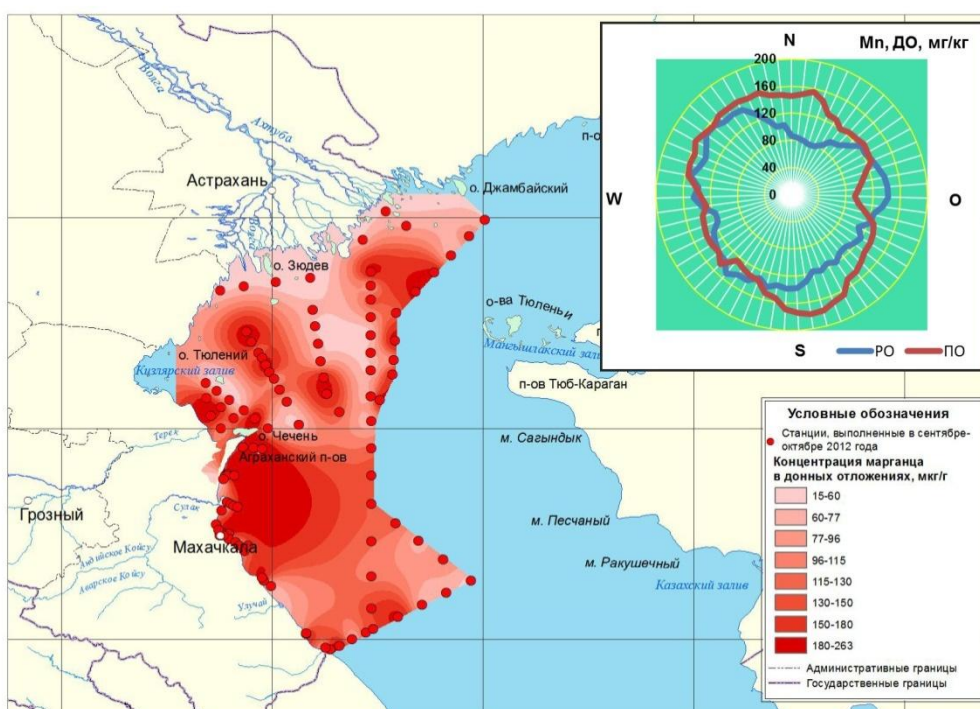


Fig. 27 Spatial distribution of manganese in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of manganese concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

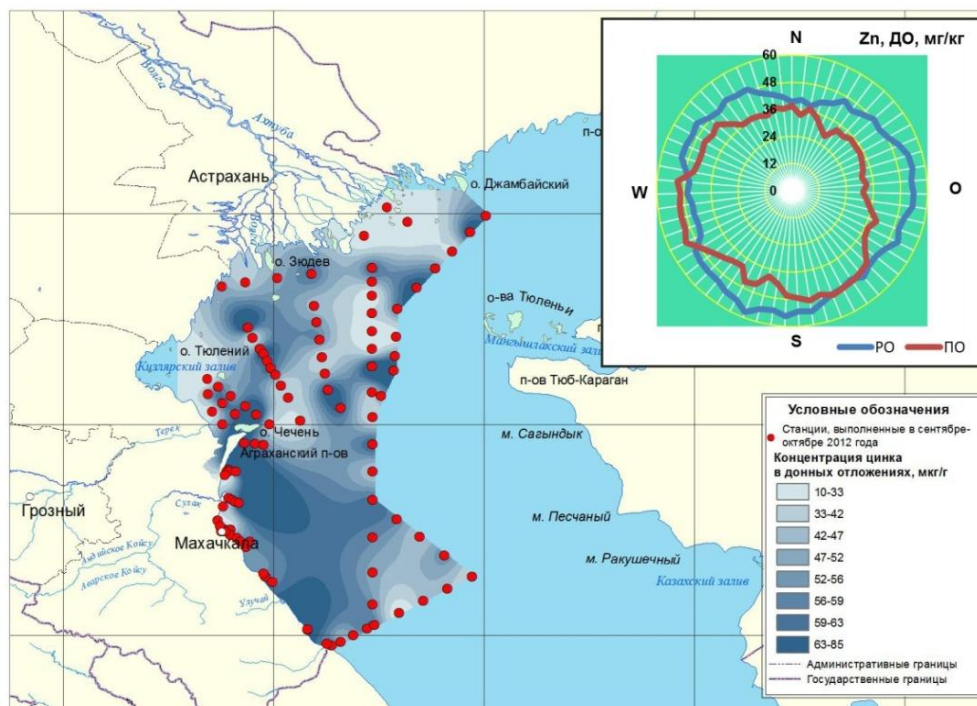


Fig. 28 Spatial distribution of zinc in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of zinc concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

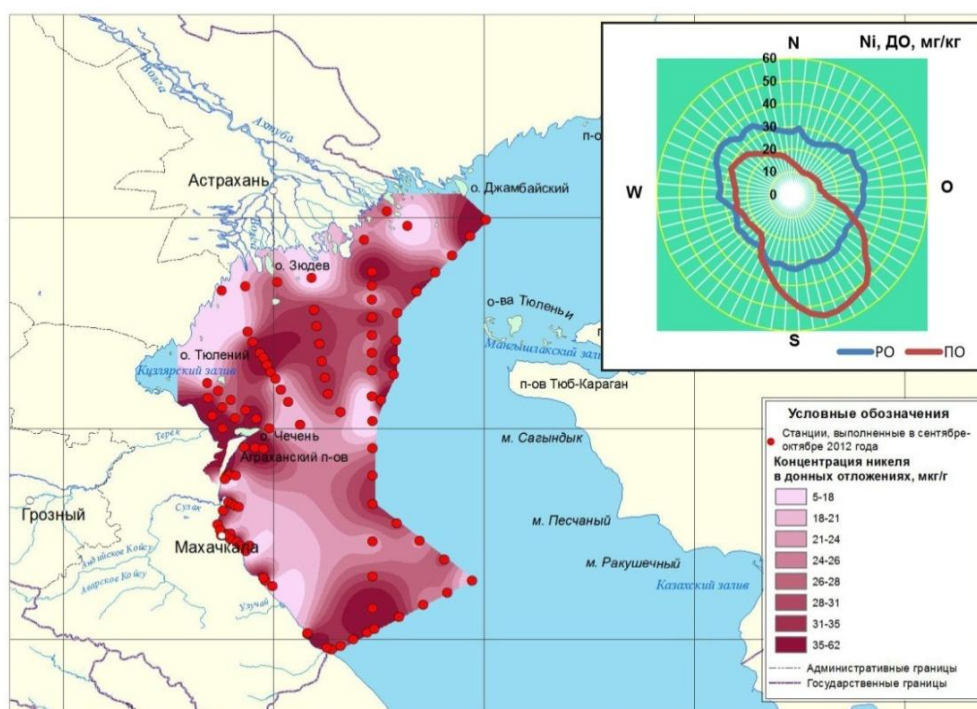


Fig. 29 Spatial distribution of nickel in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of nickel concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

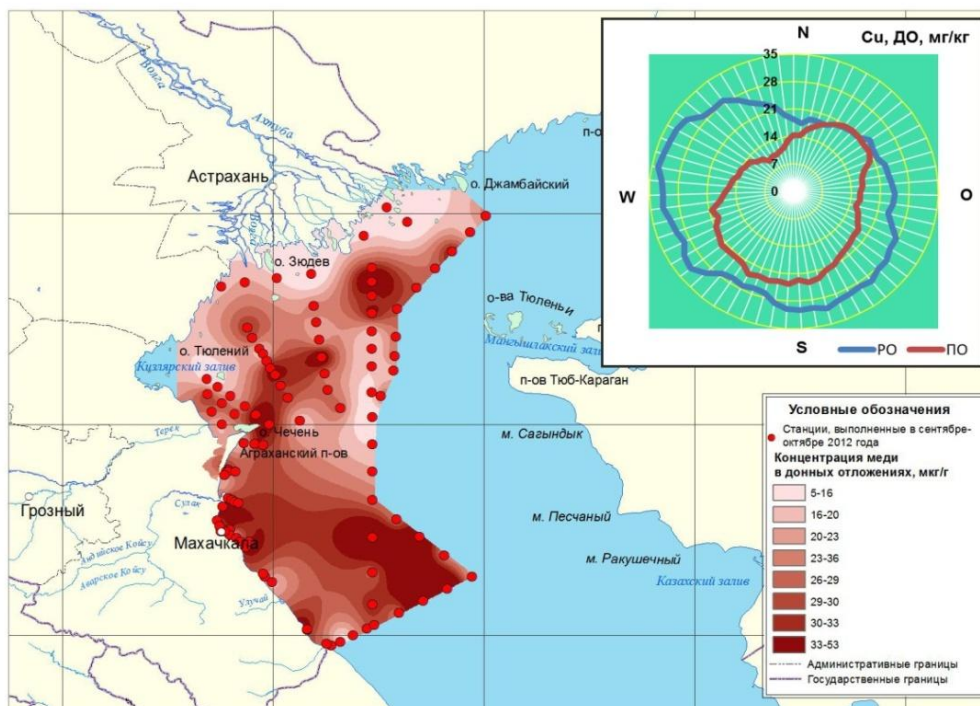


Fig. 30 Spatial distribution of copper in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 2012. The circular chart describing the changes of copper concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

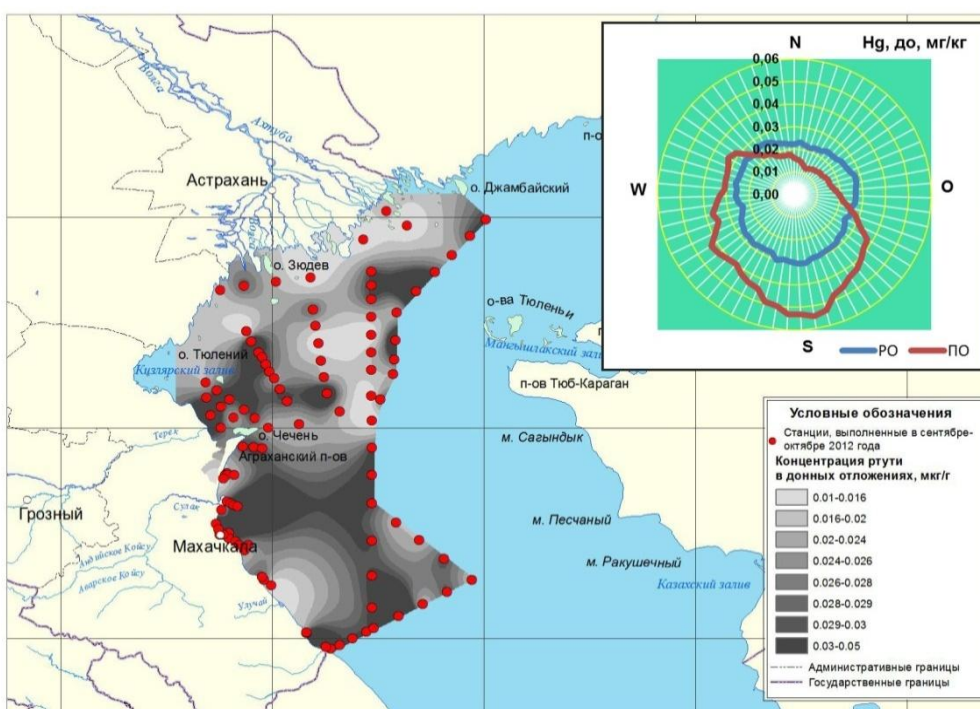


Fig. 31 Spatial distribution of mercury in the bottom sediments (mcg/g) of the north-western part of the Caspian Sea in September - October of 201. The circular chart describing the changes of mercury concentration in the bottom sediments along the perimeter of the Russian sector of subsoil management of the Caspian Sea in early (EA) and late (LA) autumn of 2012 is presented in the top right corner. Moving average, window size is 13 values

6. Persistent organic pollutants

Chemical and analytical study of samples of water and bottom sediments taken in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012 was carried out in SPA "Typhoon". Chemical analysis was carried out for 10 samples of water, 22 samples of bottom sediments taken in early autumn and 41 samples of bottom sediments taken in late autumn. Water samples were analysed for organochlorine pesticides (OCP, 20 ingredients, including HCCH, DDT etc.), polychlorinated biphenyl (PCB, 8 ingredients) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH, 20 ingredients). Alongside with the above mentioned pollutants, phthalates (Pht., 6 ingredients) were also identified in samples of bottom sediments. On the basis of the data obtained, the total concentration of OCP, PCB, PAH and Pht in the bottom sediments was estimated for each sample (station).

Organochlorine pesticides

Only one out of 20 ingredients (including isomers, metabolites etc.), and namely benzachlor, was identified in water samples taken in the north- western part of the sea. Its maximum concentration in the water of the North Caspian made 8.38 ng/l (cross-section IIIa), and in the Middle Caspian - 0.62 ng/l (Meridional cross-section).

Benzachlor, DDT and its metabolites (DDD and DDE) were identified in the bottom sediments of the North Caspian in the autumn of 2012. Total OCP concentration in the bottom sediments of the North Caspian in early autumn ranged from 0 to 0.44 mcg/kg, and in late autumn from 0 to 0.89 mcg/kg (Table 17). The increased number of bottom sediment samples taken in late autumn made it possible to identify areas with increased average OCP content, those were the areas of Dagestan shelf, which were characterized by a higher content of silt and OM in the sediments. Maximum content of total OCP in the bottom sediments of the Middle Caspian made 1.06 mcg/kg in early autumn and 4.87 mcg/kg in late autumn.

Table 17

Content of organochlorine pesticides (total OCP, mcg/kg) in the bottom sediments of the north- western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012,

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian	
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part
Early autumn				
Mean value	0.08	0.15	-	-
Maximum	0.44	0.32	0.27	1.06
Minimum	0.00	0.00	0.17	0.20
Late autumn				
Mean value	0.38	-	1.59	0.11
Maximum	0.89	0.20	4.87	0.91
Minimum	0.00	0.00	0.11	0.00

Note: mean value was not determined if number of samples was less than 5

Polychlorinated biphenyls

In the autumn of 2012 the total concentration of PCB in the coastal waters of the North Caspian ranged from 2.3 to 8.6 ng/l, and in the open sea part - from 1.2 to 3.4 ng/l. PCB was not identified in the coastal water of the Middle Caspian, and in the open sea part, where all the samples were taken at the cross-section "Meridional", concentration of PCB ranged from 0 to 7.6 ng/l.

PCB content in samples of bottom sediments taken in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012 ranged within 0 - 10.8 mcg/kg. PCB was unevenly distributed, as the more samples were analysed, the more was the variability of PCB content in the bottom sediments (Table 18). PCB maximum concentration was registered at Dagestan coast.

Table 18

**Content of organochlorine pesticides (total OCP, mcg/kg) in the bottom sediments
of the north- western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012**

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian	
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part
Early autumn				
Mean value	0.22	0.46	-	-
Maximum	0.75	0.93	0.28	6.70
Minimum	0.00	0.00	0.06	0.44
Late autumn				
Mean value	1.57	-	2.04	2.27
Maximum	3.89	3.45	10.8	3.97
Minimum	0.53	1.01	0.35	0.69

Note: mean value was not determined if number of samples was less than 5

Polycyclic aromatic hydrocarbons

The concentration of total PAH in the analysed water samples taken in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012 ranged from 0.07 to 0.187 mcg/l, in most samples naphthalene made the greatest contribution to total PAH. The diagram in Figure 32. shows that the increased PAH concentrations occur mainly at Mangyshlak Threshold which separates North and Middle Caspian (st. 3a10 and 1m). The widest range of PAH was also registered here (6 ingredients), while only naphthalene was identified at stations 3a1 (Volga coastal waters) and 7m (slope of the Derbent Basin).

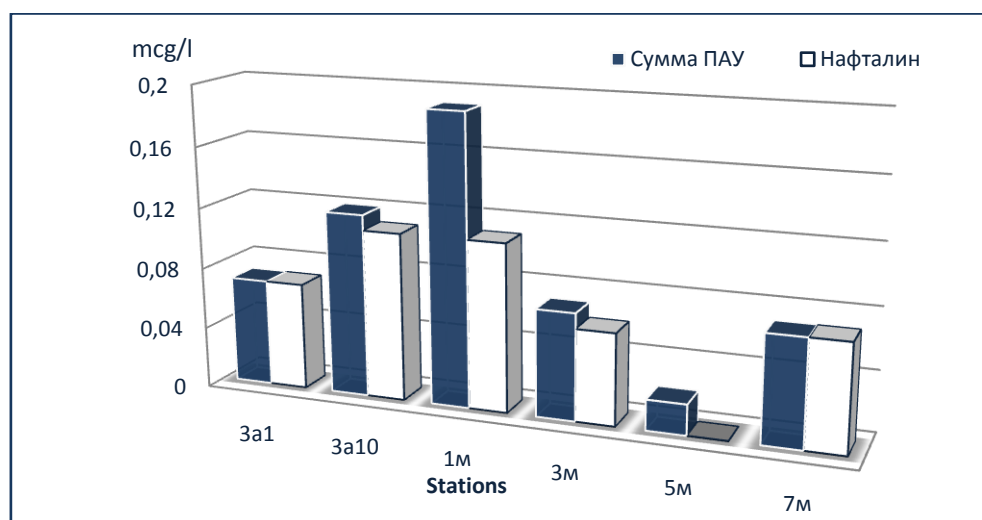


Fig. 32 Changes in concentration of total PAH (mcg/l) in the surface water layer along the line starting in the Volga coastal water (st. 3a1) and ending over the slope of the Derbent basin (st. 7m) in the autumn of 2012.

In the autumn of 2012 the concentration of total PAH in the bottom sediments ranged from 0 to 700 mcg/kg (Table 19). The content of binuclear and trinuclear PAH was significantly higher than the content of tetranuclear and pentanuclear ones. Naphthalene and its methylated derivants prevailed among the low-molecular PAH, fluoranthene, pyrene, chrysene and perylene dominated among the high-molecular PAH. Highly toxic benz(a)pyrene was often detected in water samples, its content being 1-2 mcg/kg.

The concentration of total PAH in the bottom sediments of the coastal areas in early autumn ranged from 0.12 to 86.3 mcg/kg, and in the open sea part it ranged from 0.02 to 242.1 mcg/kg. In late autumn when the number of the analysed samples doubled, the range of variability of the total PAH content in the bottom sediments also increased. PAH concentration in the coastal waters ranged from 32 to 700 mcg/kg, and in the open sea part it ranged from 16 to 313 mcg/kg. The highest average and maximum values were registered at Dagestan shelf.

Table 19

**Content of polycyclic aromatic hydrocarbons (total PAH, mcg/kg)
in the bottom sediments of the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012**

Statistical parameter	North Caspian		Middle Caspian	
	Coastal water area	Open part	Coastal water area	Open part
Early autumn				
Mean value	25.2	10.9	-	58.9
Maximum	86.3	39.0	40.6	242.1
Minimum	11.7	0.07	0.12	0.02
Late autumn				
Mean value	155.9	-	305.9	162.4
Maximum	294.6	252.4	699.7	313.0
Minimum	32.44	63.26	37.06	16.54

Note: mean value was not determined if number of samples was less than 5

Phthalates

Phthalates were determined in water and bottom sediments of the Caspian Sea for the first time. It should be noted that among them there are substances belonging to the 1st class of hazard, for example bis(2-ethylhexyl)phthalate (BEHP). The list of phthalates to be identified apart from BEHP included: dimethylphthalate (DMP), diethylphthalate (DEP), di-n-butylphthalate (DBP), di-n-octylphthalate (DOP) and butylbenzylphthalate (BBP).

Among all the water samples taken in the north-western part of the sea, phthalates were identified only in one water sample, where BEHP was detected in the amount of 1.6 mcg/l. The phthalates were identified in the bottom sediments within all the considered water area; their content was increased only in coastal areas affected by the river discharge (Table 20). Largest DEP content was identified in the bottom sediments of the Kizlyar Bay, largest content of DBP and DOP was identified in the samples of bottom sediments taken at the "Northern" cross-section. The largest concentration of the most toxic phthalate - BEHP- was registered in samples taken in the shallow area of the Volga coastal water. No traces of DMP and DBP were identified in the bottom sediments in the autumn of 2012.

Table 20

**Spatial distribution of phthalates in the bottom sediments
of the north- western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012, mcg/kg**

Area	DEP	DBP	DOP	BEHP	Total phthalates
Volga coastal area	7	117	6.2	942	1072
Kizlyar Bay	71	1540	7.5	145	1763
Northern	0	3167	71.3	679	3917
Eastern	12	633	45.4	228	919
Makhachkala	10	1205	7.7	134	1356
Section III of SON	52	1290	3.4	68	1415
Central	0	99	0	533	632
Southern	19	161	3.2	199	381

7. Integrated assessment of marine environmental pollution

To assess marine environmental pollution in the north-western part of the Caspian Sea in the autumn of 2012 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, which criterion is maximum permissible concentration (C_i); 2) accumulation estimate with background concentration is a criterion (C_i); 3) load estimate, where maximum permissible load is a criterion ($\Delta_{if} = C_i - C_{if}$). The ensemble assessment includes all the parameters which MPCs are standardized (Table 21). As far as no standards are set for bottom sediment pollutants in Russia, foreign standards were used for the ensemble pollution assessment (Table 22)

Table 21

Maximum permissible concentration of pollutants
for sea water (adopted in Russia)

Name of the pollutant	MPC in sea water
Oil products	0.05 mg/l
Ammonium nitrogen	0.4 mg/l
BOD ₅	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 22

Maximum permissible concentration of bottom sediment pollutants
in marine bottom sediments (adopted abroad)

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

The ensemble assessment (E) has three variations: 1) $E_1 = E/n$; 2) $E_2 = E/N$; 3) $E_3 = E_{\max}$, where $E - E_{kn}$ or E_{jn} ; n is a total number of standardized and measured parameters; N is the number of pollution parameters, which $E > 0$; $E_{\max}$ is maximum E value. E_1 is a generalized estimate, E_2 is a priority estimate and E_3 is an extreme estimate. To classify and describe the pollution of marine water area in accordance with the ensemble assessment we have used scales presented in Table 24.

Table 24

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 generalized and priority estimates sea water in the coastal areas of the North Caspian in the autumn of 2012 was characterized as moderately polluted, and in accordance with the priority estimate it was polluted in early autumn and moderately polluted in late autumn (Table 25). The decline of numerical values of all the estimates from early to late autumn points to the decrease in oil pollution. The level of bottom sediments pollution increased. In early autumn the sediments of the coastal part of the North Caspian were characterized as clean according to all the estimates, and in late autumn as moderately polluted in accordance with priority and extreme estimates.

Table 25

**Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area
of the North Caspian in the autumn of 2012**

Environmental component	Early autumn			Late autumn		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
Volga coastal area						
Water	0.70	1.06	1.67	0.44	0.67	1.00
BS	0.11	0.33	0.33	0.44	0.53	1.00
Kizlyar Bay						
Water	0.70	1.06	1.67	0.44	0.67	1.00
BS	0.11	0.33	0.33	0.44	0.53	1.00

In accordance with generalized and priority estimates sea water in the open sea part of the North Caspian in the autumn of 2012 was characterized as moderately polluted, and in accordance with the extreme estimate it was polluted, but only at two cross-sections - Eastern and Northern ones (Table 25). In late autumn sea water pollution decreased at all the cross-sections of the North Caspian with the exception of IIIa cross-section (Table 26). In accordance with the generalized estimate the water was characterized as clean, while the extreme estimate at cross-section IIIa assessed the water as dirty. The level of bottom sediments pollution in the open part of the North Caspian didn't suffer sufficient changes. In accordance with the generalized estimate they were described as clean; in accordance with priority and extreme estimates they were moderately polluted. The rise in the level of bottom sediments pollution from early to late autumn was registered only at cross-section IIIa, where they shifted from moderately polluted to polluted.

Table 26

**Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part
of the North Caspian in the autumn of 2012**

Environmental component	Early autumn			Late autumn		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
"Eastern" cross-section						
surface	0.52	0.78	1.67	0.33	0.50	0.67
bottom	0.44	0.80	1.33	0.19	0.56	0.67
BS	0.33	0.67	1.00	0.50	0.60	1.00
Section III of SON						
surface	0.59	0.89	1.33	0.41	0.61	1.00
bottom	0.48	0.87	1.33	0.26	0.39	0.67
BS	0.28	0.56	0.67	0.39	0.47	0.67
"Northern" cross-section						
surface	0.63	0.81	1.67	0.48	0.72	1.33
bottom	0.74	1.33	2.33	0.26	0.47	0.67
BS	0.39	0.58	1.00	0.39	0.47	0.67
Section IIIa of SON						
surface	0.63	0.94	1.33	0.74	1.11	2.67
bottom	0.59	1.07	1.33	0.41	0.92	1.67
BS	0.33	0.67	1.00	0.78	0.93	2.00

According to generalized estimate, sea water and bottom sediments in the coastal areas of the Middle Caspian in early autumn of 2012 were characterized as clean with the exception of the near-bottom layer near Lopatin and surface water layer in Prorez and Samur (Table 27). In accordance with the priority and extreme estimates sea water and bottom sediments in the coastal area of the Middle Caspian in early autumn of 2012 were described as moderately polluted with the exception of near-bottom layer in the areas of Lopatin, Izberbash and Samur, which was described as polluted. The level of sea water pollution in the coastal areas of the Middle Caspian decreased from early to late autumn. Bottom sediments also became cleaner with the exception of Prorez, Sulak and Makhachkala. Water and bottom sediments in all the coastal areas of the Middle Caspian in late autumn of 2012 were described either as clean or moderately polluted.

Table 27

Ensemble assessment of marine environmental pollution in the coastal area of the Middle Caspian in the autumn of 2012

Environmental component	Early autumn			Late autumn		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
Lopatin						
surface	0.44	0.80	1.33	0.41	0.61	1.00
bottom	0.52	0.93	1.67	0.30	0.44	0.67
BS	0.39	0.58	1.00	0.33	0.40	0.67
Prorez						
surface	0.56	0.83	1.33	0.52	0.78	2.00
bottom	0.48	0.87	1.33	0.33	0.50	1.00
BS	0.28	0.56	0.67	0.56	0.67	1.00
Sulak						
surface	0.44	1.00	1.33	0.44	0.67	1.00
bottom	0.41	0.92	1.33	0.30	0.44	0.67
BS	0.33	0.67	1.00	0.50	0.60	1.00
Makhachkala						
surface	0.41	0.92	1.33	0.33	0.50	1.00
bottom	0.41	0.92	1.33	0.19	0.42	0.67
BS	0.39	0.58	0.67	0.56	0.56	1.00
Kaspiysk						
surface	0.41	0.92	1.33	0.37	0.48	1.00
bottom	0.41	0.92	1.33	0.30	0.44	0.67
BS	0.33	0.67	1.00	0.44	0.53	1.00
Izberbash						
surface	0.41	0.92	1.33	0.37	0.56	1.00
bottom	0.48	1.08	2.00	0.22	0.40	0.67
BS	0.44	0.67	1.00	0.44	0.53	0.67
Derbent						
surface	0.44	0.80	1.33	0.22	0.40	0.67
bottom	0.41	0.61	1.33	0.22	0.40	0.67
BS	0.28	0.56	0.67	0.39	0.47	0.67
Samur						
surface	0.63	0.94	2.00	0.26	0.47	0.67
bottom	0.44	1.00	1.67	0.26	0.47	0.67
BS	0.33	0.67	1.00	0.44	0.53	0.67

In accordance with generalized estimate, sea water and bottom sediments in the open part of the Middle Caspian in early autumn of 2012 were described as clean, and in accordance with priority and extreme estimates - as moderately polluted. In accordance with the priority estimate, the level of sea water pollution in the open part of the Middle Caspian declined from early to late autumn, including the two cross-sections, to the level of "clean" water. The pollution of bottom sediments increased significantly: in accordance with the generalized and priority estimates it rose to moderately polluted level, and in accordance with priority assessment to dirty and very dirty.

Table 28

**Ensemble assessment of marine environmental pollution in the open part
of the Middle Caspian in the autumn of 2012**

Environmental component	Early autumn			Late autumn		
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₁	E ₂	E ₃
"Meridional" cross-section						
surface	0.48	0.87	1.33	0.30	0.53	0.67
bottom	0.37	0.83	1.00	0.26	0.58	0.67
BS	0.39	0.58	0.67	0.78	0.93	3.33
"Central" cross-section						
surface	0.33	0.75	1.00	0.22	0.40	0.67
bottom	0.41	0.92	1.33	0.26	0.47	0.67
BS	0.39	0.58	0.67	0.94	1.13	3.67
"Southern" cross-section						
surface	0.37	0.83	1.00	0.33	0.50	0.67
bottom	0.37	0.83	1.33	0.30	0.44	0.67
BS	0.50	0.75	1.00	1.00	1.20	3.67

Conclusion

Full-scale observations of the state and pollution of the Caspian Sea environment within the Russian subsoil management sector were resumed in 2012 within the framework of activities aimed at renewal of state observation network after a 20-year break. These activities are performed by Roshydromet to implement the Target Federal Programme "Development of water economy complex of the Russian Federation in 2012 – 2020".

The two-stage research in the autumn of 2012 was unprecedented in the number of oceanographic stations and the measured parameters of the state and pollution of the marine environment. Within the research 25 oceanographic stations were located at the border of the Russian sector of subsoil management and coordinates for the remaining 15 stations were selected from the draft International Caspian Sea Monitoring Programme. Alongside with marine observations, observations were also carried out in the deltas of the Volga, the Terek and the Sulak to assess the chemical runoff to the Caspian Sea from the territory of Russia.

The assessment confirmed the conclusion drawn in Roshydromet Review "Trends and dynamics of environmental pollution in the Russian Federation at the turn of the 21st century" (Moscow, 2007). The conclusions stated that the entry of oil products and pesticides to the Caspian Sea with the Volga discharge had sufficiently reduced. Thus in the autumn of 2012 the discharge of oil products at the top of the Volga delta made 2 thousand tonnes, and discharges of DDT and HCH pesticides were estimated at 0.078 tonnes. At the same time no significant reduction of heavy metals entry was identified. Within the considered period 510 t of zinc, 675 t of nickel and 235 t of copper entered the top of the Volga delta. The Volga discharge is mainly responsible for all the chemical discharges from the RF territory to the Caspian Sea. The rivers of Dagestan contributed the discharge of suspended matter and mineral nitrogen forms.

Satellite observations data and data of Roshydromet land-based observation network were used to interpret the results of field research. No meteorological, hydrological and hydrochemical anomalies were registered within the considered water area in the autumn of 2012. The concentration of dissolved oxygen in the near-bottom layer of the Derbent basin was about 1 mg/l, which pointed to the presence of vertical water circulation under current conditions. According to the data of lithological and chemical observations, the flow of suspended load and suspended organic matter from the North to the Middle Caspian increased in autumn due to enforcement of water dynamics. A sharp increase in water discharges from Volgograd HPS caused by rainfall floods and the consequent increase of chemical discharge to the sea in November – December 2012 can be considered as an anomaly.

The analysis of spatial and temporal variability of oil products content in the sea water showed that oil products concentration which makes 0.05 mg/l or 1 MPC is a natural background for the north-western part of the Caspian Sea. This fact once again points to the need to elaborate regional MPC values. The concentration of oil products in water in early autumn was close to background concentration, but it increased later, though only in the northern part of the sea. The same processes were observed for synthetic surfactants. Thus changes in volumes of entry of non-persistent organic pollutants (NPOP)

with the Volga discharge affect their concentration in the North Caspian, but have no impact on their content at the southern and south-eastern borders of the Russian sector of subsurface management.

The work programme also includes identification of heavy metals (HM) in water, suspended matter and bottom sediments. As a result, it was shown that HM concentration in suspended matter was sufficiently higher than in water and bottom sediments. The analysis of HM dynamics in different components of the marine environment showed that suspended metal particles are actively involved in transportation of suspended load from the North Caspian to the deep Derbent basin.

The route of natural migration of suspended particles involves not only heavy metals but also organic pollutants adsorbed by suspended matter. In particular it can be seen from the fact that the largest content of oil products in bottom sediments (10 and more mg/kg) was detected in the bottom sediments of the Derbent basin. Judging by the nature of spatial distribution of silt fractions, organic matter and pollutants in bottom sediments, the speed of this migration can increase or decrease depending on hydrodynamic conditions. Suspended particles enriched with pollutants can temporarily deposit themselves in the northern part of Dagestan shelf.

In particular bottom sediments in the northern part of Dagestan shelf in the autumn of 2012 accumulated persistent organic pollutants. The concentrations of organochlorine pesticides (OCP) and PCBs didn't exceed 10 ng/l. The presence of OCP and PCB in water was detected only in some samples, where their concentration didn't exceed 10 ng/l. The maximum concentration of PAH, among which naphthalene prevailed in mass, amounted to 700 mcg/kg in bottom sediments and was also registered in Dagestan shelf. It reached 0.2 mcg/l in water, and maximum values were observed at Mangyshlak Threshold.

The activities carried out in 2012 for the first time determined the content of phthalates, some of which are extremely toxic compounds. Phthalates were identified in only one water sample. The increased content of phthalates in the bottom sediments was observed in the coastal areas, including those affected by the river discharge (at the Northern" cross-section "– up to 3.9 mg/kg, in the Kizlyar Bay – up to 1.8 mg/kg). The level of bottom sediments pollution with phthalates can be described as average; it is lower than that in the Rhine or in Japanese rivers, but higher than in the Mississippi or the Gulf of Mexico.

The data obtained in the autumn of 2012 point to the existence of the sea self-purification mechanism, which work can be described as follows. Dissolved pollutants entering the zone of riverine and marine water mixing are adsorbed by autochthonous and allochthonous suspended matter. After that they and suspended pollutant particles are absorbed by the current of suspended load following from the North Caspian to the Middle Caspian, where this mixture is disposed forever.

Integrated pollution assessment carried out for separate sea sectors with help of the new ensemble method also points to the existence of self-purification mechanisms. In accordance with this assessment most sea areas were characterized as moderately polluted in the autumn of 2012. Only the water at IIIa cross-section, where the Volga discharge is concentrated and the bottom sediments in the Derbent basin (i.e. environmental components at the starting and final points of pollutants migration) were characterized as polluted, dirty or very dirty.

The "Monitoring programme of transboundary water bodies of the Caspian Sea" adopted by Roshydromet covers 3 years. In 2013 it will be implemented in three stages, including the summer season. The results of the research carried out in 2013 will be summarized in the following review.

**ОБЗОР СОСТОЯНИЯ И ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В 2012 ГОДУ**

Под редакцией С.К. Монахова

Подписано в печать 17.09.2014 Формат 60х90/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая. Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 10,25. Тираж 100 экз.

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

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