

Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу
окружающей среды (Росгидромет)
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«КАСПИЙСКИЙ МОРСКОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР»
(ФГБУ «КаспМНИЦ»)

**ОБЗОР
СОСТОЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ
И ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ
ПРИОРИТЕТНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОДЕ
И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В ПРЕДЕЛАХ
РОССИЙСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ**



РЕФЕРАТ

КАСПИЙСКОЕ МОРЕ, УСТЬЕВОЕ ВЗМОРЬЕ, ОТМЕЛАЯ ЗОНА, ПРИГЛУБАЯ ЗОНА, СЕВЕРНЫЙ КАСПИЙ, СРЕДНИЙ КАСПИЙ, ЗАГРЯЗНЯЮЩИЕ ВЕЩЕСТВА, ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОД, ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ, РОССИЙСКИЙ СЕКТОР КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Предметом исследований является уровень загрязнения морской среды в пределах российского сектора Каспийского моря. Исследования выполнены на основе данных наблюдений на морских гидрологических постах Северного и Среднего Каспия и данных Единого государственного фонда данных по результатам производственного экологического мониторинга нефтегазодобывающих компаний в российском секторе недропользования. Оценка стока загрязняющих веществ в Каспий проводилась по гидрологическому посту Верхнелебяжье.

Цель работы – определение характеристик пространственно-временной изменчивости концентраций загрязняющих веществ в водах Каспийского моря и ориентировочная оценка стока поллютантов в Каспий, оценка современного состояния и изменения уровня загрязнения устьевого взморья и морской среды, характеристика динамики процессов переноса и трансформации загрязняющих веществ в зоне смешения речных и морских вод при различных природных условиях и степени воздействия антропогенной нагрузки.

В обзоре приводится обобщение данных многолетних режимных наблюдений в водах Каспийского моря за концентрациями нефтяных углеводородов, фенолов, синтетических поверхностно-активных веществ, тяжелых металлов и хлорорганических пестицидов группы ГХЦГ и ДДТ.

Для обобщенной оценки качества морских вод использовались комплексные показатели, рекомендованные нормативными документами Росгидромета. В работе использовался индекс загрязненности вод как основной метод оценки качества водоемов по комплексу гидрохимических показателей (ингредиентов) [1].

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Литературный обзор.....	9
1.1 Физико-географическая характеристика Каспийского моря.....	9
1.2 Источники загрязнения в Каспийском море.....	14
1.3 Факторы загрязнения и распределения веществ в Каспийском море.....	19
2 Материалы и методы исследований.....	27
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	32

ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем отчете о НИР применяют следующие термины с соответствующими определениями

Акватория	– водное пространство в пределах естественных, искусственных или условных границ [2].
Водоем	– водный объект в углублении суши, характеризующийся замедленным движением воды или полным его отсутствием [3].
Водоток	– водный объект, характеризующийся движением воды в направлении уклона в углублении земной поверхности [3].
Гидрологический пост	– пункты стационарных гидрологических наблюдений, прикрепленные к гидрологическим станциям, производят стандартные, т. е. регламентированные, наблюдения за основными элементами гидрологического режима [4].
Гидрологический режим	– совокупность закономерно повторяющихся изменений состояния водного объекта, присущих ему и отличающих его от других водных объектов [3].
Загрязняющие вещества	– вещества или смеси веществ, количество и (или) концентрация которых превышают установленные для химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов нормативы и оказывают негативное воздействие на окружающую среду [5].
Загрязнение водных объектов	– сброс или поступление иным способом в водные объекты (поверхностные и подземные), а также образование в них вредных веществ, которые ухудшают качество вод, ограничивают их использование либо негативно влияют на состояние дна и берегов водных объектов; антропогенное привнесение в водную экосистему различных загрязняющих веществ, воздействие которых на живые организмы превышает природный уровень, вызывая их угнетение, деградацию и гибель [6].
Качество воды	– характеристика состава и свойств воды, определяющая пригодность ее для конкретных видов водопользования [3].

Кратность загрязнения	– характеристика загрязнения вод, определяющаяся кратностью превышения ПДК [7].
Межень	– фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в одни и те же сезоны, характеризующаяся малой водностью, длительным стоянием низкого уровня, и возникающая вследствие уменьшения питания реки [3].
Морской край дельты	– линия, оконтуривающая дельту со стороны моря, и разделяющая устьевой участок реки и устьевое взморье [6].
Объем стока	– объем воды, стекающий с водосбора за какой-либо интервал времени [3].
Отмелая зона	– устьевое взморье, на котором речной поток занимает всю толщу воды до дна [8].
Половодье	– фаза водного режима реки, ежегодно повторяющаяся в данных климатических условиях в один и тот же сезон, характеризующаяся наибольшей водностью, высоким и длительным подъемом уровня воды, и вызываемая снеготаянием или совместным таянием снега и ледников [9].
Приглубая зона	– устьевое взморье, на котором речной поток отрывается от дна и растекается по поверхности более плотных морских вод [8].
Расход воды	– объем воды, протекающий через живое сечение потока в единицу времени [9].
Свал глубин	– зона резкого увеличения глубин на устьевом взморье [6].
Сток речной	– сток, происходящий по речной сети [9].
Устойчивость загрязнения	– характеристика загрязнения вод, выражающаяся в процентах, определяющая количество проб, в которых обнаружено достижение или превышение ПДК [7].
Устьевое взморье	– особый географический объект, охватывающий район впадения реки в приемный водоем (море); формирующийся под влиянием специфических устьевых процессов – динамического взаимодействия и смешения вод реки и приемного водоема, отложения и переотложения речных и морских наносов [10].

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящем отчёте о НИР применяют следующие сокращения и обозначения

БПК₅	– биологическое потребление кислорода (5 суток)
БС	– Балтийская система
ВКМСК	– Волго-Каспийский морской судоходный канал
г.	– год
ДДД	– дихлордифенилдихлорэтан
ДК	– допустимая концентрация
ДО	– донные отложения
ДДТ	– дихлордифенилтрихлорэтан
ДДЭ	– дихлордифенилдихлорэтилен
ЕГФД	– Единый государственный фонд данных
Ед. изм.	– единица измерения
ЗВ	– загрязняющее вещество
ИЗВ	– индекс загрязнённости вод
КХА	– количественный химический анализ
МКД	– морской край дельты
н/о	– ниже предела обнаружения
НУ	– нефтяные углеводороды
ПАУ	– полиароматические углеводороды
ПДК	– предельно допустимая концентрация
ПОС	– правобережные очистные сооружения
ПХБ	– полихлорированные бифенилы
ПЭМ	– производственный экологический мониторинг
Росгидромет	– Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды
РОУ	– растворенный органический углерод
РСНП	– российский сектор недропользования
СПАВ	– синтетические поверхностно-активные вещества
ТМ	– тяжелые металлы
УВ	– углеводороды
ХОП	– хлорорганические пестициды
α-, γ-ГХЦГ	– изомеры гексахлорциклогексана

ВВЕДЕНИЕ

Каспийское море, известное своей уникальной, эндемичной экосистемой, включенной научным сообществом в число одиннадцати незаменимых по биоразнообразию экосистем мира, в настоящее время испытывает значительную техногенную нагрузку, в том числе от загрязнения из источников, располагающихся на суше в водосборном бассейне реки Волги. Достижение и поддержание экологически здоровой морской среды регулируется на международном уровне «Протоколом по защите Каспийского моря от загрязнения из наземных источников в результате осуществляемой на суше деятельности» к Рамочной Конвенции по защите морской среды Каспийского моря [11].

Очевидно, что сложная система бассейна Каспийского моря имеет комплекс экологических проблем, требующих детального рассмотрения. Многообразие источников загрязнения акватории от антропогенных до природных делает разработку природоохранных мер сложной и междисциплинарной задачей. Важное значение в системе Нижняя Волга – Северный Каспий – Каспийское море имеют процессы, связанные с переносом, накоплением и трансформацией ЗВ в воде, взвеси и ДО. В широком спектре антропогенных воздействий на экосистему и биоресурсы Северного Каспия особое место занимает загрязнение, источниками которого традиционно считаются сток р. Волги, а так же стоки расположенных на побережье промышленных и бытовых объектов хозяйственной деятельности. В последнее время пристальное внимание привлекают экологические эффекты и последствия, связанные с освоением крупнейших углеводородных месторождений Каспия.

Среди природных факторов, актуальных для отмелой зоны взморья и требующих подробного изучения, немаловажным является развитие водной растительности, которая оказывает значительное влияние на состояние и уровень загрязнения моря.

Северный Каспий, по сравнению с остальной частью Каспийского моря, отличается высокой биологической продуктивностью и мелководностью, а также значительной антропогенной нагрузкой. Здесь хорошо развито рыболовство, рекреация, морские грузоперевозки и нетегазодобывающая промышленность. Масштабы, интенсивность и последствия антропогенных воздействий весьма изменчивы и часто сопоставимы с влиянием природных факторов, которые в свою очередь также отличаются значительной вариабельностью, цикличностью и широкой амплитудой колебаний.

Значительную роль в формировании экологической обстановки на Каспии играет

гидрологический режим. Среди абиотических факторов среды, прямо или косвенно влияющих на уровень загрязнения и трансформацию вещества в Каспийском море, стоит выделить изменения уровня моря, сток р. Волги, волнение и сгонно-нагонные явления, ледовый режим, водообмен между Северным, Средним и Южным Каспием [12].

Целью настоящего исследования стало выявление долгосрочных тенденций и динамики загрязнения Каспийского моря, а также ориентировочная оценка стока ЗВ в Каспий.

Характеристика изменений уровня загрязненности вод проводится на основании статистической обработки обширного массива данных режимных наблюдений, проводимых в наблюдательной сети Росгидромета, а также данных ЕГФД по результатам ПЭМ на акватории Каспийского моря.

В обзоре представлены характеристики пространственно-временной изменчивости концентраций ЗВ в водах Каспия и ориентировочная оценка стока некоторых ЗВ с течением р. Волги.

Результаты исследований, приведенные в настоящем обзоре, рекомендуется использовать для разработки целевых показателей качества окружающей среды в Каспийском регионе, а также разработки приоритетных направлений государственных, федеральных, региональных и ведомственных целевых программ, предусматривающих мероприятия по контролю сбросов сточных вод, управлению отходами, минимизации загрязнения из рассредоточенных источников и защите, сохранению и восстановлению водных биологических ресурсов [13].

Настоящий отчет содержит результаты исследований по теме 4.6.1 «Оценка долговременных тенденций изменения состояния и уровня загрязнения морей Российской Федерации по гидрохимическим и гидробиологическим показателям на основе данных государственного мониторинга».

Основным результатом исследований является обзор состояния загрязнения морской среды и факторов, влияющих на распределение ЗВ в воде и ДО российского сектора Каспийского моря.

Обзор состоит из трех разделов: литературный обзор, материалы и методы оценки качества вод и донных отложений, оценка состояния и загрязнения акватории Каспийского моря. Работа выполнена на основе данных государственного и производственного экологического мониторинга.

1 Литературный обзор

1.1 Физико-географическая характеристика Каспийского моря

Каспийское море – самый большой внутренний водоем в мире, занимающий обширную низменность на стыке Европейского и Азиатского континентов. Длина Каспия составляет приблизительно 1030 км, максимальная ширина – 435 км, минимальная – 196 км. Море не соединяется с Мировым океаном, уровень Каспия в 2017 г. составил -27,99 м БС, в 2018 г. – -28,03 м БС, на пике сезонного хода в июле 2019 г. уровень Каспийского моря (пост Баку) был более чем на 20 см ниже отметки июля предыдущего года. Но темпы его последующего сезонного снижения были несколько меньше, чем в аналогичный период прошлого года. В результате уровень моря в декабре 2019 г. оказался примерно на 15 см ниже, чем в декабре 2018 г. Данные о десятилетних колебаниях уровня моря представлены в таблице 1 [14].

Таблица 1 – Уровень Каспийского моря в 2010-2018 гг.

Год	Уровень моря, м БС
2010	-27,25
2011	-27,50
2012	-27,55
2013	-27,62
2014	-27,69
2015	-27,98
2016	-27,99
2017	-27,99
2018	-28,03

Общая длина побережья Каспия составляет почти 7 тыс. км, площадь поверхности – 386,4 км². Объем воды в море – 78700 км³ (Гидрометеорология и гидрохимия, 1992). Уровень Каспийского моря подвержен значительным колебаниям, обусловленным изменениями водного баланса, и прежде всего стока р. Волги. Вековые колебания уровня моря могут превышать 3 м. Размах внутригодовых колебаний составляет 30-35 см [15].

Каспийское море условно делится на три части: северную, среднюю и южную. Граница между северной и центральной частями проходит по краю северного Каспийского шельфа (Мангышлакский порог), между островом Чечень (около устья р. Терек) и мысом Тюб-Караган (Форт Шевченко). Граница между центральной и южной частями пролегает от Апшеронского полуострова, соединяя остров Жилой на западе с мысом Куули на востоке (к северу от Туркменбаши) (рисунок 1). Северная часть занимает

около 25% общей площади, средняя и южная – примерно по 37%. Однако объем вод Северного Каспия составляет только 0,5% от общего объема, Среднего – 33,9%, а Южного – 65,6%. Эти величины отражают батиметрию Каспия. Основная особенность центральной части – Дербентская впадина с глубиной более 500 м. Южная часть включает Южную Каспийскую впадину с ее самой глубокой точкой – 1025 м ниже уровня моря [16].

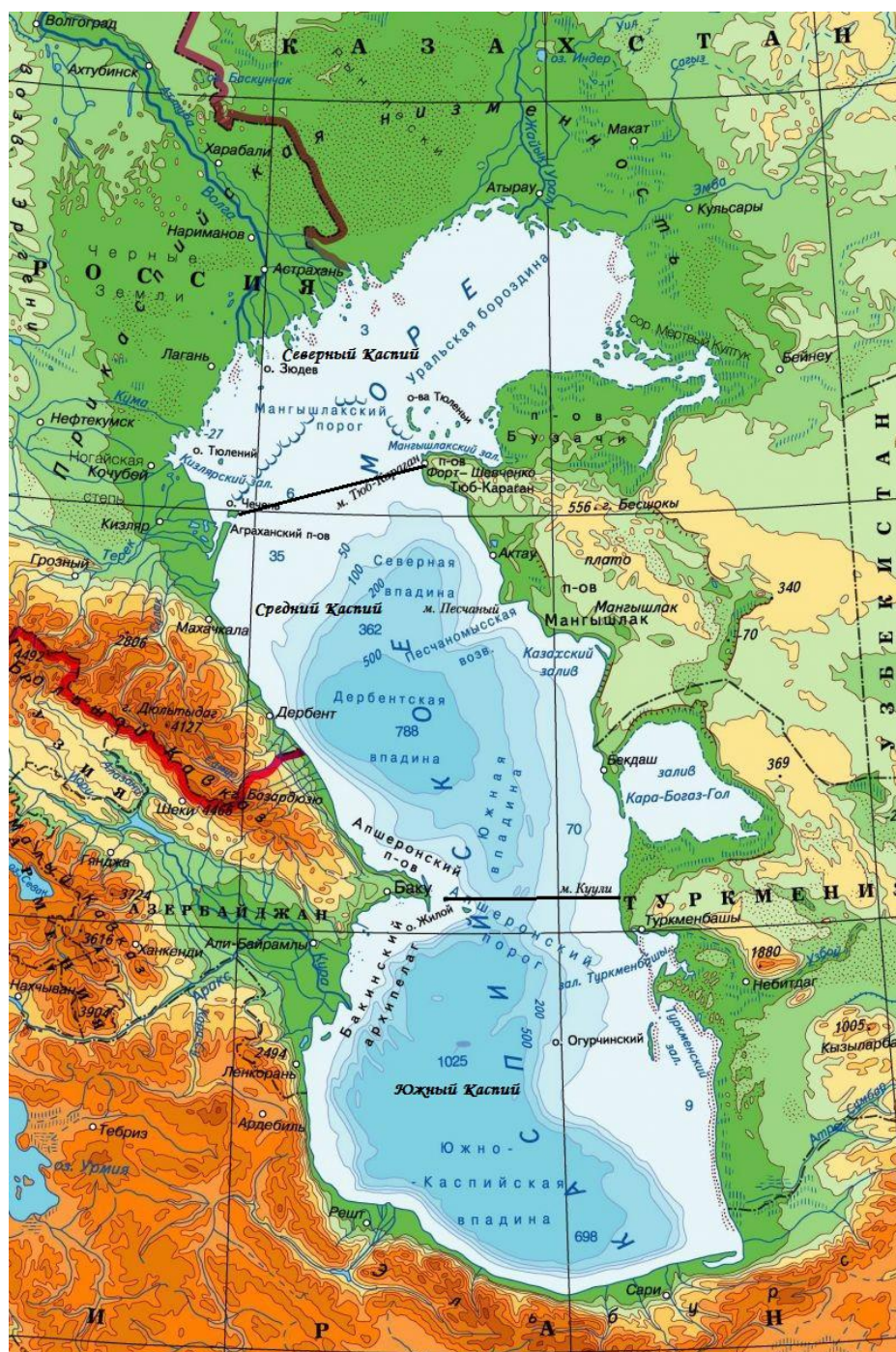


Рисунок 1 – Границы условного районирования Каспийского моря

Северный Каспий отличается от остальной части Каспийского моря пониженной

соленостью и обширной мелководной зоной со средними глубинами менее 5 м. Фактически он представляет собой устьевое взморье Волги, где происходит интенсивное смешение пресных речных и соленых морских вод, и играет важную роль в процессах переноса и накопления органических и неорганических соединений, поступающих со стоком Волги. На Северный Каспий приходится основная (более 85%) часть поверхностного стока воды в Каспийское море. В многоводные годы объем речного стока составляет 75% от объема северной части моря. Протяженность Северного Каспия с востока на запад в 1,5 раза больше (около 530 км), чем с севера на юг (примерно 350 км). Наибольшую протяженность он имеет вдоль своей главной оси, следующей в направлении с юго-запада на север-восток (примерно 570 км). Северный Каспий, в свою очередь, делят на две части: восточную и западную. За восточную границу устьевого взморья принята линия от Джамбайско-Новинских островов на севере до северной оконечности острова Кулалы на юге протяженностью около 150 км. Западная граница устьевого взморья проходит по западному побережью Северного Каспия до Суюткиной косы, ее длина около 225 км.

В широтном направлении Северный Каспий разделен на две части: отмелую и приглубую зону устьевого взморья.

Площадь отмелой зоны около 10000 км², ее протяженность от МКД до свала глубин отмелой зоны (на изогипсе -30 м БС) составляет 35-60 км. К югу от отмелой зоны располагается приглубая зона взморья, ее площадь равна 27600 км². Длина границы между этими зонами около 180 км. Площадь акватории приглубой зоны равна 27600 км², а общая площадь всего устьевого взморья Волги около 37600 км².

За южную (морскую) границу устьевого взморья принимается среднее положение изогалины 11,6‰ (90% от средней солёности вод Каспийского моря). В основном она проходит в 15-30 км севернее южной границы Северного Каспия, примерно на изогипсе - 42 м БС. Ширина взморья вдоль МКД – 175 км, а по южной (морской) границе – около 215 км.

Наиболее характерные черты устьевого взморья – его огромные размеры и исключительная мелководность. Мелководная придельтовая часть устьевой области Волги (отмелая зона взморья) протяженностью с севера на юг 35-50 км и глубинами до 1,5–2,5 м (при уровне моря -27 м БС) представляет собой широкую, слабо наклоненную к югу платформу. Это – затопленная часть дельты, сформировавшаяся при более низком стоянии уровня моря. На мелководье происходит медленный плоскостной сток волжских вод на юг.

Плоский рельеф отмелей части взморья усложнен многочисленными отмелями и островами, естественными бороздинами, искусственными судоходными каналами и каналами-рыбоходами, отвалами грунта вдоль каналов. Общее число каналов через эту зону взморья – 28, из них 3 – судоходные, 8 – магистральные основные и 17 – вспомогательные (подводящие) каналы-рыбоходы. Судоходными служат ВКСМК (длина 86 км и средняя глубина около 5 м), Белинский канал (длина 42 км, средняя глубина около 4 м) и Лаганский (30 км, с дельтой Волги не связан).

С морской стороны отмелую часть взморья ограничивает подводный морской бар, сложенный мелкозернистым песком и битой ракушей. Приглубая зона устьевой области Волги состоит из слабо наклоненной к югу платформы шириной до 70 км (с глубинами 3,0-7,0 м) и свала глубин с резким увеличением глубины (до 7-13 м). Приглубая зона устьевого взморья дельты Волги состоит из слабо наклоненной в сторону моря платформы шириной до 70 км, с глубинами 3-7 м, расположенной между изогипсами -30 и -34 м БС, и свала глубин с резким увеличением глубины до 7-13 м, расположенным между изогипсами -34 м и от -40 до -42 м БС.

Следует отметить, что влияние волжских вод на соленость и гидрохимические характеристики распространяется далеко за пределы указанных границ устьевого взморья, в частности на всю восточную часть Северного Каспия и на прибрежный западный район Среднего Каспия [6].

Средний Каспий условно можно разделить на 4 части: мелководные – северная часть, западный и восточный шельф и глубоководная – Дербентская котловина. [11]. Средний Каспий занимает площадь 140 тыс. км², средняя глубина 192 м. В этой части море имеет наименьшую ширину – около 200 км. Западные берега Среднего Каспия до г. Махачкала низменные. Далее к югу до г. Баку вдоль береговой черты тянутся отроги Кавказских гор, в ряде мест подступающие близко к морю. Между склонами гор и берегом тянется узкая равнинная полоса. Берега моря большей частью аккумулятивные, лишь на отдельных участках побережья Дагестана и Апшерона – абразионные. С окружающих гор стекает в море много малых рек. На западном побережье расположены крупные дельты рек Терека, Сулака, Самура. Восточный берег Среднего Каспия значительно ниже западного и лишен поступления речных наносов. От восточного берега Среднего Каспия выступают далеко в море мысы и косы, между которыми вдаются в берег заливы. Самый большой залив Каспия – Кара-Богаз-Гол. На восточном побережье преобладают абразионные берега, выработанные в известняках, слагающих прилегающие пустынные и полупустынные плато. В пределах Среднего Каспия выделяют шельф,

материковый склон и котловину. В его северной части глубины находятся в пределах 15-25 м. Южнее они сначала плавно, а затем, начиная с изобаты 50 м, резко увеличиваются, особенно в центральной части, где лежит сдвинутая к западному берегу глубокая Дербентская впадина с максимальной глубиной около 790 м. Вдоль обоих берегов тянется узкой полосой область глубин менее 20 м и лишь у Апшеронского полуострова изобата 20 м отходит от берега на расстояние до 30 км. Берега средней части приглубые, в особенности западный берег [17].

Южный Каспий является самой глубоководной частью Каспийского моря, имеет площадь 148,5 тыс. км² и занимает впадину, относящуюся к области альпийской складчатости со сложным рельефом и наибольшими глубинами (максимальная – 1025 м, средняя – 344 м). Рельеф дна и шельфовой зоны Южного Каспия осложнен многочисленными грязевыми вулканами и тектоническими поднятиями. Берега Южного Каспия разнообразны. На западе от г. Баку до м. Алят вдоль берега тянутся юго-восточные отроги Кавказских гор. Южнее их сменяет сухая полупустынная степь Кура-Араксинской низменности. У Ленкорани горы снова приближаются к берегу и образуют узкую прибрежную полосу между Талышским хребтом и морем. Вдоль западного берега от бухты Бакинской тянется почти на 130 км цепь островов Бакинского архипелага. Местами горы близко подходят к морю, но большей частью они находятся на расстоянии 30-50 км. Вершина самой высокой горы Демавенд достигает 5630 м. С гор Иранского побережья стекают в море многочисленные реки. Прибрежная полоса и склоны гор южнее Ленкорани и вдоль всего Иранского побережья (кроме крайней юго-восточной части) покрыты лесами и садами плодовых деревьев: цитрусовых, гранатов, хурмы. Северные склоны Эльбурса местами заросли труднодоступными субтропическими лесами. Восточный берег Южного Каспия до полуострова Челекен на севере низменный, у берега преобладают песчаные пустыни. Севернее расположены два залива – Красноводский и Туркменский, разделенные полуостровом Челекен. Недалеко от залива находится несколько островов.

1.2 Источники загрязнения Каспийского моря и фоновый уровень загрязнения

В основе оценки динамики состояния загрязненности морской среды лежит определение источников поступления загрязнения и факторов, влияющих на распределение приоритетных ЗВ в воде и ДО, а также механизмов трансформации вещества под воздействием факторов окружающей среды.

Основными источниками ЗВ, поступающих на акваторию Каспийского моря, традиционно считаются речной сток, судоходство, промышленные и бытовые стоки с прибрежных территорий [6, 12, 18-21].

Бассейн р. Волги составляет около 40% территории водосборного бассейна Каспия и определяет основную часть поверхностного притока к морю (85%) [6, 22]. В настоящее время регион Волжского бассейна продолжает оставаться одним из наиболее напряженных по экологической обстановке в России, и, несмотря на снижение антропогенной нагрузки за последнее десятилетие, качество волжской воды остается неудовлетворительным [23-26]. Основной объем загрязняющих веществ (90% от общего) поступает в Каспийское море с речным стоком. Это соотношение прослеживается почти по всем приоритетным ЗВ (НУ, фенолы, СПАВ, органические вещества, металлы и др.) [27].

Каспийское море богато месторождениями нефти и газа, поэтому изучение загрязнения моря НУ является одним из наиболее приоритетных направлений мониторинга Каспия.

Вероятность техногенных аварий возрастает по мере освоения новых месторождений и отработки старых. Буровые платформы на выработанных морских месторождениях могут стать существенным фактором антропогенного воздействия на морские экосистемы. Опыт освоения нефтегазоносных месторождений в морской акватории показывает, что даже при безаварийном режиме добычи нефти каждая буровая установка является источником множества загрязнений, в которые входят твердые, жидкие и газообразные компоненты [28]. Например, восточная часть Северного Каспия подвержена загрязнению нефтью, вызванному ее утечкой во время штормовых нагонов с прибрежных нефтяных месторождений, а также аварийными разливами при бурении и транспортировке нефти [29]. Степень загрязнения моря, связанного с затоплением нефтяных месторождений при подъеме уровня моря, в настоящее время трудно оценить [30]. Законсервированные скважины в основном затампованы, однако, некоторые из них

продолжают выделять в окружающую среду газ, нефть и пластовые воды, насыщенные ЗВ [31].

Еще одним источником поступления нефтяного загрязнения являются потери УВ при грузовых операциях на танкерных судах, транспортировке нефти и других операциях, связанных с добычей углеводородного сырья, которые сопровождаются относительно небольшими разливами (от нескольких литров до нескольких тонн нефти).

К прямым источникам нефтяного загрязнения в районах добычи нефти и газа можно отнести и пластовые воды. По мере истощения запасов нефти соотношение между водой и сырой нефтью в добываемом продукте увеличивается, соответственно, возрастают объемы сбрасываемой воды и возникают сложности с ее очисткой. Пластовые воды обычно содержат растворенные соли и органические вещества, НУ, металлы и другие вещества, содержащиеся в пласте, а также компоненты, образующиеся при бурении (буровой раствор, буровой шлам). Наряду с этим, пластовые воды могут смешиваться с извлекаемой нефтью, газом и т.д. В зависимости от качества, пластовая вода либо сбрасывается в море, либо закачивается в скважину для поглощения промысловых и сточных вод [32-35].

Кроме того, условия добычи сырья в Каспийском море считаются сложными для технологических операций на море, что может повлечь высокую вероятность аварийных ситуаций. В северную часть Каспийского моря, кроме р. Волги, впадают такие крупные реки, как Сулак, Урал, Терек, со стоком которых каждый год в Каспий поступает значительная часть загрязняющих веществ (таблица 2) [36-38].

Кроме того, в районах разведки и разработки полезных ископаемых существуют естественные источники загрязнения. УВ, близкие или идентичные нефтяным по составу, выделяются в морскую среду морскими организмами в результате биосинтеза и распада сложных органических соединений природного происхождения. Эти вещества являются биогенными источниками загрязнения УВ [20]. Количество УВ, синтезируемых живыми организмами, а также в процессе распада биогенной органики, оценить довольно сложно. Этот фактор имеет большое значение для Каспийского моря, так как оно относится к высокопродуктивным водоемам, особенно в своей мелководной части. В местах скопления водорослей, преимущественно в период активного развития фитопланктона, возможен прирост количества УВ. Это может вызвать имитацию загрязнения морской воды нефтью [39-40].

Другим естественным источником поступления УВ в море являются подводные миграционные выходы нефтесодержащих подземных флюидов на морском дне в районах

разгрузки прилегающих снизу нефтегазоносных структур, так называемые «высачивания» нефти: образование грифонов и сипов (выходы нефти и газов из скважины на поверхность), поступление УВ из нефтегазоносных структур, разгрузка газогидратных осадков. Естественные нефте- и газопроявления пространственно и генетически связаны главным образом с грязевыми вулканами, залежами нефти и газа, газогидратами, а также скоплениями свободного газа в верхней части осадочного разреза [41-43].

Таблица 2 – Основные источники загрязнения нефтяными углеводородами Каспийского моря (тонн в год)

Источники загрязнения	Каспийское море
1	2
Хозяйственно-бытовые стоки	Россия – 3246,77 Азербайджан – 9408,37 Казахстан – 228,13 Туркменистан – нет данных Иран – 6750,00
Промышленные стоки	Россия – 1262,00 Азербайджан – 4244,00 Казахстан – 16060,00 Туркменистан – 5371,00 Иран – 3,00
Добыча нефти на шельфе	Россия – нет данных Азербайджан – 1191,0 Казахстан – нет данных Туркменистан – 40,0 Иран – нет данных
Ливневые стоки	Россия – нет данных Азербайджан – нет данных Казахстан – нет данных Туркменистан – нет данных Иран – нет данных
Речной сток	Россия: Волга – 71180,0 Терек – 740,0 Сулак – 450,0 Самур – 270,0 Азербайджан – 35,0 Кура – 840,0 Казахстан – 170,0 Урал – 810,0 Туркменистан – 210,0 Иран – 252,0
Естественные источники	1750,0
Транспортировка и внештатные ситуации	100,0
Атмосферные осадки	350,0
ИТОГО	140 082,27

Природные процессы в глобальном или макрорегиональном масштабе обеспечивают содержание в воздухе, воде и почве естественный уровень химических веществ, отвечающий средним условиям для данной экосистемы и определяющий

фоновую концентрацию. Данный параметр можно считать одним из основных геоэкологических показателей загрязнения морской среды [37].

Естественный фон – это физические, химические и иные показатели, характеризующие неизмененную человеком природную среду, отражающие уровень относительно постоянного (в пределах естественных многолетних отклонений) влияния того или иного природного фактора и позволяющие давать количественную оценку эффектам воздействия человека на окружающую среду и отдельные ее компоненты.

Существует понятие антропогенного фона, которое подразумевает концентрацию веществ в окружающей среде в результате воздействия деятельности человека (концентрация химических веществ в окружающей среде, характерная для конкретного участка без привязки к какому-либо конкретному источнику). Здесь можно рассматривать историческую антропогенную деятельность, эффект диффузии, осаждение веществ из атмосферы, сток загрязняющих веществ с речным стоком и т. д. Либо, в случае рассмотрения отдельного антропогенного источника загрязнения, воздействие на окружающую среду антропогенных источников расположенных в зоне действия рассматриваемого объекта [44].

Согласно рекомендациям по применению действующих нормативно-методических документов по определению фоновой концентрации загрязняющих веществ, данным Государственным океанографическим институтом (ГОИН), являющимся методическим центром Российской Федерации в области мониторинга загрязнения морей, рассматриваемые нормы по санитарно-химическим, физико-химическим и радиологическим показателям поверхностных вод могут быть применены в качестве обязательных требований к составу и свойствам морской воды в контрольных пунктах и местах водопользования населения [37].

В настоящее время ГОИН рекомендует в качестве фоновой концентрации вещества принимать статистически обоснованную верхнюю доверительную границу возможных средних значений концентрации этого вещества, рассчитанную по результатам гидрохимических наблюдений для наиболее неблагоприятного в отношении качества морской воды периода (сезона) в годовом цикле.

При расчете фоновой концентрации вещества в морских водах используются данные регулярных наблюдений (мониторинга) в выбранном районе не менее чем за один год – при ежемесячной, ежедекадной частоте отбора проб морских вод, но не менее чем за пятилетний период – при четырехразовом отборе проб морских вод в течение года. По рекомендациям Росгидромета, для расчета фоновой концентрации выбираются станции

(точки) систематических наблюдений (мониторинга), расположенные на морской акватории вне зоны влияния действующих выпусков сточных вод, одиночных или совокупных, на расстоянии более 5 км, по рекомендациям Минприроды России [37, 45].

На основании вышеизложенного определение фоновой концентрации разбивается на два понятия. Согласно первому, фоновая концентрация является показателем глобального (общего) загрязнения, а согласно второму – показателем локального (точечного, местного) загрязнения [7]. Поэтому существуют расхождения в способах ее определения. Фоновая концентрация как показатель глобального (общего) загрязнения приравнивается к минимальной концентрации ЗВ, свойственной данной местности, для этого в качестве «фоновой концентрации» используют данные мониторинга состояния заповедных территорий. Тогда как при оценке локального загрязнения фоновая концентрация приравнивается почти к максимальным значениям содержания ЗВ в окружающей среде, поступающих из всех известных источников.

1.3 Факторы загрязнения и распределения веществ в Каспийском море

Значительную роль в формировании экологических условий Каспийского моря играют процессы, происходящие в устьевой области Волги. Во взаимосвязанной гидрографической системе р. Волга – дельта – взморье – Северный Каспий – Каспийское море устьевая область занимает ключевое место. Гидрологический режим устьевой области во многом определяет общее состояние этой системы. Среди природных процессов, происходящих в устьевой области Волги, важнейшее место занимают взаимосвязанные гидролого-морфологические процессы (динамика вод, наносов, рельефа дна) и процессы переноса и трансформации ЗВ, гидрологический режим устьевой области во многом определяет общее состояние этой системы [6].

Устойчивая вертикальная и гидрологическая структура моря, например, уменьшает поступление растворенного кислорода в глубинные горизонты и способствует развитию восстановительных условий, что, в свою очередь, может привести к выщелачиванию некоторых элементов из ДО. Истощение растворенного кислорода может способствовать микробиологическому восстановлению нитратов в нитриты и сульфатов в сульфиды, что вызывает появление специфического запаха. Уменьшение количества кислорода приводит также к повышению концентрации двухвалентного железа в растворе, а так же проявлению заморных явлений, что способствует биологическому загрязнению водоема.

Усиление перемешивания масс воды, наоборот, снабжает глубинные горизонты кислородом, что при определенных условиях придает воде коррозионные свойства по отношению к металлам и бетону.

Большое влияние на водообмен и распространение ЗВ в отмелой зоне взморья имеет уровень Каспийского моря. При понижении уровня уменьшение глубин и затухание динамической активности вод приводит к развитию водной растительности, которая создает препятствие стоковому течению, что влечет за собой фильтрацию и осаждение веществ, приносимых волжскими водами. Повышение уровня Каспия препятствует развитию водной растительности. При увеличении глубин в отмелой зоне устьевого взморья начинают проявляться ветровые течения и волнение, сгонно-нагонные колебания уровня воды и, как следствие, взмучивание ДО. Большое значение имеют и сезонные изменения уровня моря. В период половодья уровень воды в районе МКД достигает береговой растительности, где осаждается значительная часть приносимых со стоком взвеси и ЗВ [6].

Устьевое взморье р. Волги обладает множеством уникальных физико-географических особенностей: сочетание большого речного стока и обширной площади акватории с малыми глубинами (менее 5 м); распределение стока Волги на МКД; наличие обширных зон транзита речных вод и смешения волжских и каспийских вод. Изменение параметров и местоположения зоны смешения морских и речных вод находится в прямой зависимости от факторов, которые в основном определяют изменения фонового уровня Каспийского моря. Существенную роль играет величина водного и солевого обмена между устьевым взморьем и морем.

Зона смешения речных и морских вод формирует довольно узкий в глобальных масштабах пояс – маргинальный фильтр. Здесь происходят значительные по масштабам процессы флоккуляции и коагуляции растворенных (коллоидных) и взвешенных веществ, образование свежих оксигидратов железа, алюминия. Работа седиментационной и сорбционной частей фильтра дополняется еще биоассимиляцией и биофильтрацией. Все эти процессы приводят к тому, что в среднем для рек мира в этой зоне откладывается 93-95% от взвешенных и 20-40% от растворенных веществ речного стока (включая загрязнения). Со взвесью в течение года оседает около 49% всех взвешенных ЗВ, поступающих со стоком Волги, причем по абсолютным величинам осаждение взвешенных ЗВ примерно равномерно в течение года, а относительное составляет около 58% для зимней и летней межени и 37% – для половодья. Около 50% всех взвешенных ЗВ оседает в отмелой зоне Каспийского моря [46]. Как отмечают Гурский и Лисицин, важную роль, помимо прочих, играют процессы, которые развиваются в системе «донные осадки – иловая вода – придонная вода», названная ими «нижним этажом маргинального фильтра». Приведенный в их исследовании детальный анализ макро- и микросостава иловых вод показал, что в зоне смешения морских и речных вод концентрации ряда элементов на 1-3 порядка превышают их содержание в придонной воде. Геохимические и гидродинамические процессы, происходящие на нижних этажах «маргинального фильтра», могут явиться источником вторичного загрязнения водоемов [47].

Необходимо отметить, что значительная часть приоритетных ЗВ в воде переносится, главным образом, во взвешенной форме, а сорбционная емкость и аккумулирующая способность взвешенных веществ возрастает от крупнодисперсных к мелкодисперсным фракциям [11]. Взмучивание и смыв поверхностных грунтов в отмелой зоне или осаждение взвешенных частиц во многом зависит от скорости стокового течения и уровня воды в различные сезоны года [6, 12].

Уровень загрязненности приглубой зоны устьевого взморья Волги формируется за счет следующих факторов: поступление ЗВ из отмелой зоны взморья Волги, водообмена и массообмена между сегментами приглубой зоны взморья и восточной (Казахстанской) частью Северного Каспия. Снижение уровня загрязненности происходит за счет ассимиляционных процессов и водообмена со Средним Каспием.

Баланс ЗВ в Северном Каспии включает в себя водообмен между Средним и Северным Каспием, а так же баланс взвешенных веществ. Важной расходной составляющей баланса взвешенных веществ является регулярный вынос мелкодисперсной фракции, имеющей повышенные концентрации ТМ, в Средний Каспий.

В исследованиях Бреховских и Островской отмечается, что процессы водо- и солеобмена между Северным и Средним Каспием следует иметь в виду при оценке уровня загрязненности некоторыми веществами южных районов Северного Каспия [12].

В северной части Среднего Каспия на распределение ЗВ большое влияние оказывают трансформированные волжские и северокаспийские воды. Так, например, значения концентраций РОУ здесь могут изменяться практически в два раза (578-1130 мкМ), а концентрации органического азота и органического фосфора изменяются более чем в 6 раз. Такие большие диапазоны изменения концентраций в этой области отмечались и в период подъема каспийских вод [48]. Район западной части Мангышлакского порога подвержен интенсивному влиянию трансформированных волжских вод, несущих высокие концентрации органического углерода, органического азота и органического фосфора. На принадлежность этих вод к трансформированному волжскому стоку указывает их пониженная соленость – менее 12,5‰. На востоке района Мангышлакского порога происходит, видимо, проникновение собственно северокаспийских вод с минимальными для всей северной области концентрациями этих элементов. В западной и восточной областях Среднего Каспия, как и в период подъема его уровня, на распределение некоторых ЗВ, особенно в фотическом слое, большое влияние оказывают биотические факторы. Летом и осенью высокие значения концентраций органического углерода, органического азота и органического фосфора здесь определяются интенсивным первичным продуцированием, показателем которого является значительное пересыщение толщи вод до термоклина кислородом (105-165 %).

Источниками поступления ТМ в Средний Каспий, помимо выноса их в растворенной форме из Северного, могут являться хозяйственная деятельность на берегах, шельфах и в бассейнах рек, впадающих в Средний Каспий, а также ДО как источник вторичного загрязнения.

По результатам исследований [12] выносимый реками в растворенной форме и во взвеси марганец, в результате работы «маргинального фильтра» осаждается на дно в зоне смешения речных и морских вод. Гидрологические условия в Северном Каспии способствуют взмучиванию ДО и выносу мелкозернистой фракции, содержащей повышенные концентрации ТМ, в Средний Каспий. Эта фракция накапливается в ДО в Среднем Каспии в основании континентального склона. Восстановительные процессы, развивающиеся в этих ДО, способствуют переходу марганца в поровые воды в растворенной форме. Возникающие значительные градиенты концентраций растворенного марганца на границе «ДО – придонная вода» увеличивают концентрацию марганца в водной толще Среднего Каспия, что в конечном счете приводит к возвращению марганца в Северный Каспий в результате водообмена между этими водоемами. Имея в виду сходное с марганцем распределение меди, цинка и никеля в ДО Северного и Среднего Каспия, нельзя исключать вероятности в какой-то мере подобного переноса других ТМ в системе «Северный – Средний Каспий».

Основная особенность ДО Каспийского моря состоит в том, что на мелководье они представлены грубодисперсным материалом. Исследования, проведенные Институтом океанологии РАН в 2010-2013 гг., показали, что в открытых районах Каспийского моря ДО мелководной зоны состояли в основном из битой ракушки с примесью песчаного и пелитового материала, глубоководной – из пелитового ила с черными прослойками гидротроилита [49].

Северный Каспий – благоприятная область для развития песков и крупных алевритов. На окружающей водоем суше, находящейся в полупустынной зоне, преобладают процессы физического выветривания, в частности, ветрового. Водосборные площади Волги, Урала, Терека расположены в гумидной зоне, где активно протекают процессы химического выветривания, сопровождающиеся физическим разрушением горных пород и механическим смывом, что определяет алевритово-пелитовый состав аллювия этих рек. В процессе перераспределения значительная часть мелкоалевритовых и пелитовых частиц выносятся в Средний Каспий, оставаясь в северной части только на локальных участках. Преддельтовые участки Волги, Урала, Терека, Уральская бороздина – морфологическая ловушка эрозионно-тектонического происхождения; Мангышлакский и Кизлярский заливы, околоостровные затишные зоны в районе Тюленьего архипелага представляют собой четыре типа дна в пределах шельфа, где могут образовываться тонкозернистые осадки. Как правило, они содержат раковины моллюсков и детрит, а также песчаный материал в качестве примеси [32]. Планктон и бентос играют

исключительно важную роль в современном осадкообразовании Северного Каспия. Пластинчатожаберные и брюхоногие моллюски активно накапливают карбонат кальция, планктон – кремнезем. Обилие бактерий обуславливает интенсивность процессов бактериального разложения органического вещества, способствуя обмену элементов в системе «грунт-вода». Годовая продукция живого вещества в Северном Каспии в пересчете на сухой вес составляет 314 млн т, причем 90% этой величины составляет продукция фитопланктона [32-33]. Из-за активной минерализации лишь небольшая часть его выпадает в осадок. В ДО аккумулируется около 34% ежегодно поступающего в море органического вещества, т.е. примерно 7,2 млн т. Другая важная составляющая биогенной седиментации – накопление раковинного материала в прибрежной зоне. В Северном Каспии ежегодно накапливается около 26 млн т ракуши. Значительную роль в осадконакоплении играет хемогенное осаждение. Осаждаются в основном карбонатные соли, составляющие около 58% от 71 млн т солей, поступающих с речным стоком. В этом случае в результате химических процессов в ДО может поступать ежегодно до 40 млн т [33]. В целом, в Северном Каспии выделяют следующие типы осадков: галька, гравий, пески, крупные алевриты, мелкоалевритовые и глинистые илы [33, 50].

Повышение содержания некоторых ЗВ в ДО, как правило, приурочено к зонам антропогенного воздействия, таким, как подводные выпуски сточных вод, крупные населенные пункты, порты и т. п. [51]. Поступление других веществ, например, нефтепродуктов, в ДО связано с модификацией их состава и химическими свойствами.

Немаловажную роль в формировании современного состояния Каспийского моря играет ледовый покров Северного Каспия. Динамические процессы в ледовом покрове северной части Каспийского моря оказывают влияние на экосистему и морфологию дна в зависимости от толщины льда, площади покрытия и продолжительности ледовых явлений.

Биологические исследования, выполненные в период ледостава, подтвердили предположения об угнетающем влиянии ледовых процессов на условия формирования и развития биоценозов [12].

Было доказано, что возникновение мелкомасштабных зон гипоксии на мелководье в зимний период, в местах интенсивного торосообразования и скопления стамух, явление весьма распространенное. Оно приводит к резкому сокращению видового состава и общей биомассы фитопланктона в заморных зонах, а в некоторых случаях и к полному его исчезновению. Поскольку ледовому вспахиванию (взаимодействию дрейфующих льдов с морских дном) подвержены мелководные участки морского дна, занимающие более чем 50% площади Северного Каспия (свыше 200 км²), можно утверждать, что эти процессы

имеют сезонный, массовый характер, и поэтому играют важную роль в экологии данного водоема. Наряду с механическим перемешиванием огромных масс донного грунта, происходит угнетение донной, островной и прибрежной растительности и организмов. В период весеннего разрушения ледяной покров может играть и положительную роль, очищая устье Волги, Урала и прибрежные мелководья от отмершей прошлогодней растительности, снижая тем самым вероятность возникновения заморных явлений в теплый период года [52].

Для оценки состояния загрязненности отмелой зоны устьевого взморья в 1978-1992 гг. использовались усредненные данные по уровню загрязненности самых северных станций разрезов в Северном Каспии, характеризующих сразу несколько секторов отмелой зоны (разрез III-аА, разрез III, разрез II) и данные по концентрациям ЗВ в пяти частных потоках МКД. Известно, что значения НУ, полученные с учетом концентрации ЗВ в частных потоках на МКД, несколько выше, чем на граничных станциях отмелой и приглубой зон взморья, а по фенолам и СПАВ – ниже, что вызвано существованием других источников загрязнения отмелого взморья: продуцированием фенолов при разложении органических веществ и поступлением СПАВ с территорий прибрежных нефтегазоносных месторождений в период сгонно-нагонных явлений [6].

В целом в относительно многоводные годы отмечается более высокий уровень загрязненности вод отмелой зоны взморья НУ и фенолами, концентрации СПАВ находятся примерно на одном уровне в годы с разной водностью [6]. Однако с подъемом уровня моря отмечена тенденция к снижению уровня загрязненности на границе отмелой зоны, кроме района ВКМСК, где наблюдается противоположная направленность. Отмечается, что в период половодья концентрации ЗВ в воде выше, чем в период межени.

В ДО в период половодья по отдельным каналам происходит снижение уровня загрязненности нефтепродуктами, свинцом, цинком, ХОП и фенолами. В период межени в началах каналов содержание таких ЗВ как НУ, медь, свинец, отдельные вид ХОП выше, чем в половодье, а в концах – ниже.

Таким образом, по отмелому взморью в период половодья и межени сохраняются тенденции к снижению уровня загрязненности вод с запада на восток, для ДО такая закономерность не прослеживается.

Оценка наблюдений за состоянием загрязненности приглубой зоны устьевого взморья в 1978-1992 гг. показала отсутствие четко выраженной тенденции к уменьшению уровня загрязненности всеми видами ЗВ. Анализ данных многолетних наблюдений показывает, что наиболее высокий уровень загрязнения НУ отмечается в весенне-летний

период, фенолов – в летне-осенний период, СПАВ – в летний период, ДДТ – в весенний период. Результаты исследований показали, что на распределение ЗВ по акватории приглубого взморья оказывают влияние два фактора: сток Волги и уровень моря. Снижение речного стока и уровня моря приводит к сужению зон образования взвешенного вещества и его осаждения с сорбированными веществами. Например, для концентрации НУ регистрируется прямая корреляция с водным стоком весной и отсутствие этой связи летом и осенью [6].

В исследованиях содержания ТМ в Северном Каспии в 1998-2003 гг. отмечается общее снижение концентрации большинства ТМ в воде приглубой зоны Северного Каспия по сравнению с периодом 80–90-х гг. XX века, когда содержание таких токсичных металлов, как Cu, Zn, Ni, Pb, Cd, в водах Каспийского моря устойчиво превышали ПДК [53]. В те годы воды Северного Каспия, согласно комплексной оценке качества вод по гидрохимическим показателям, включающим наиболее приоритетные металлы Cu и Zn, оценивались как умеренно загрязненные, а в районе Уральской бороздины – как загрязненные, и качество вод имело тенденцию к устойчивому ухудшению [54]. Некоторые исследователи [55] связывали это ухудшение с наступлением многоводного периода в бассейне Волги и трансгрессии уровня моря (1978–1996 гг.), приведшим к сдвигу районов максимального загрязнения Северного Каспия из мелководной зоны в более мористые районы.

В 1998–2003 гг. повышенные концентрации металлов, за исключением Zn, отмечались в северной и западной частях исследуемой акватории, прилегающих к распресненным волжским стоком мелководьям и так называемой «волжской струе» – продолжению ВКМСК в глубоководной зоне Северного Каспия. Такое распределение указывает на устойчивое поступление значительной части ТМ с волжским стоком, чему способствуют и преобладающие ветровые и стоковые течения, характерные для северной части моря. В целом пространственное распределение большинства металлов в поверхностном и придонном слоях примерно одинаково. Восточная и особенно юго-восточная части большого полигона также отличаются повышенными концентрациями металлов, происхождение которых довольно сложно объяснить. Вполне вероятно, здесь наблюдается влияние вод, поступающих из Среднего Каспия. Предположительно, адвекция вод из Среднего Каспия компенсационными противотечениями является одной из причин повышенных концентраций ЗВ, часто наблюдающихся в придонном слое в районе Уральской бороздины [38, 54, 56]. Для центральной части акватории были характерны более низкие концентрации большинства ТМ. Исключение из этой

закономерности составляет Hg – ее пространственное распределение отличалось повышенными величинами концентраций в центральной и южной частях исследуемой акватории. Картина распределения Zn в водах западной части Северного Каспия также несколько отличается от других металлов. Его повышенные концентрации были характерны в основном для восточного и южного секторов исследуемой акватории. Это позволяет предположить, что большая часть этого металла поступает сюда не с волжским стоком, как другие металлы, а из других источников. Особенно это заметно для придонного слоя.

Повышенные концентрации УВ отмечались в северной и западной частях исследуемой акватории, прилегающих к мелководным распресненным районам и «волжской струе». Такое распределение указывает на устойчивое поступление значительной части УВ с волжским стоком. Этому способствуют и преобладающие ветровые и стоковые течения, характерные для северной части моря.

2 Материалы и методы исследований

Основным источником информации о загрязнении природных водных объектов на территории Российской Федерации являются режимные наблюдения за загрязнением поверхностных вод суши, осуществляемые оперативно-производственными подразделениями Росгидромета.

Материалом исследований объема стока р. Волги, стока ЗВ р. Волги и уровня загрязнения Северного Каспия послужили данные наблюдений Росгидромета, проводившиеся в 2019 г. в рамках государственного мониторинга состояния поверхностных вод. Оценка стока ЗВ Волги в Каспийское море выполнена на основе данных наблюдений на гидрологическом посту Верхнелебяжье (рисунок 2). Гидрологический пост Верхнелебяжье расположен в вершине современной дельты Волги, в месте отделения от основного русла реки Волги левого крупного дельтового рукава – Бузана, в 50 км выше г. Астрахань.

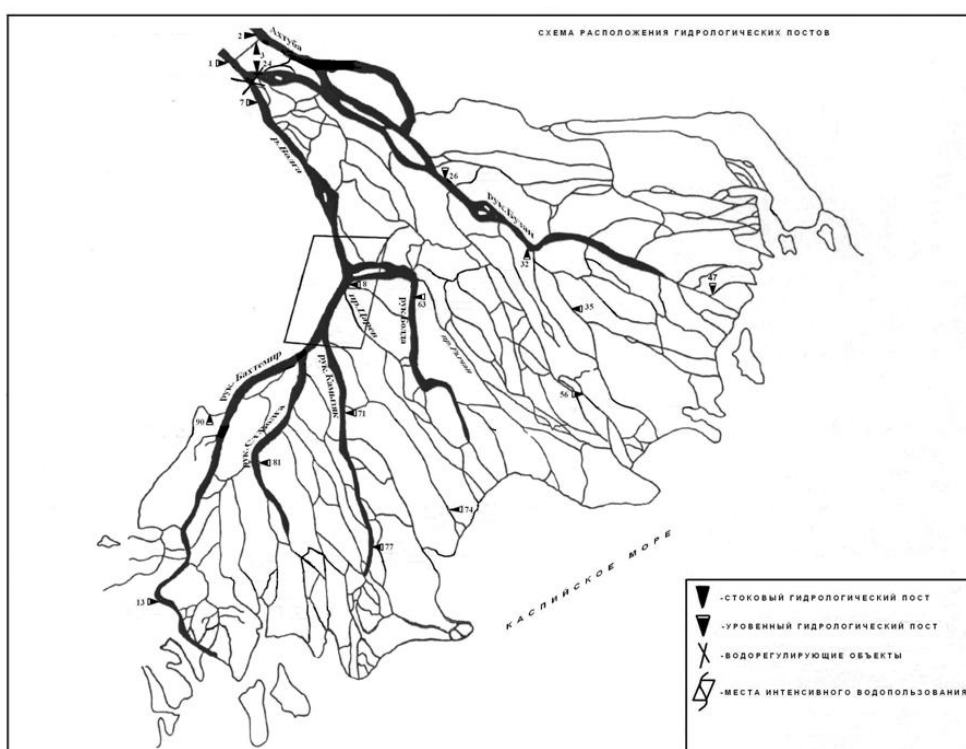


Рисунок 2 – Схема расположения гидрологических постов на р. Волга

Расчет стока растворенных загрязняющих веществ (P_i) проводили по формуле:

$$P_i = C_i * W,$$

где W – объем стока воды из устьевой области р. Волги в вершине дельты, км³, C_i – средняя концентрация ЗВ в воде устьевой области, мг/дм³.

Для оценки состояния и загрязнения морской среды западной части Северного Каспия и Среднего Каспия использовались данные наблюдений морских гидрологических постов Росгидромета, а также данные ПЭМ, проводимого нефтедобывающими компаниями в РСНП Каспийского моря и размещенные в системе ЕГФД.

Наблюдения в Северном Каспии на гидрологических постах Росгидромета (рисунок 3, таблица 3) проводилась в течение года в период весеннего половодья и в период летне-осенней межени. Гидрохимические и геохимические исследования охватывали акваторию моря общей площадью около 9 тыс. км² с глубинами от 3 до 21 м. Мониторинговые исследования районов нефтегазодобычи (рисунок 4) проводятся в соответствии с утвержденными программами ПЭМ в весенний период половодья и в летне-осенний период меженных значений уровней воды.

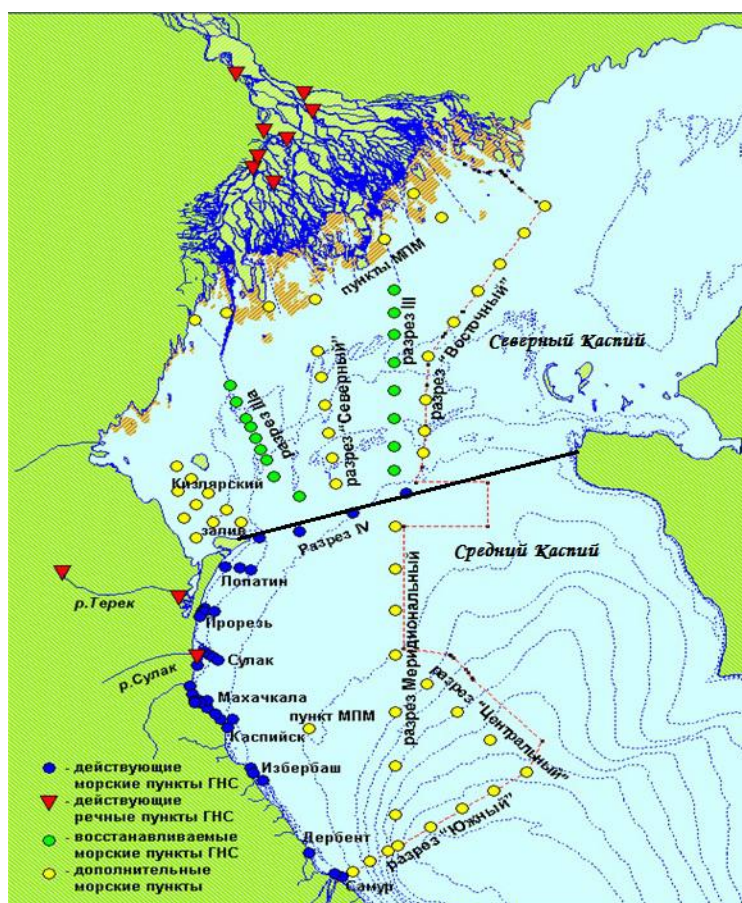


Рисунок 3 – Схема расположения пунктов наблюдений за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2014 г.

Таблица 3 – Перечень районов и пунктов наблюдений Росгидромета за состоянием и загрязнением трансграничных водных объектов Каспийского моря в 2018-2019 гг.

Год	Наименование и/или номер пункта	Координаты		Глубина, м
		в.д.	с.ш.	
2018	Разрез III ГНС			
	20	48°56'	45°13'	5,1-7,8
	22	48°56'	44°53'	11,6-11,7
	24	48°56'	44°33'	12,5-15,0
	25	48°56'	44°18'	18,8-20,0
	Разрез IIIa ГНС			
	1	47°45'	44°55'	6,0
	2	47°48'	44°49'	4,8-5,1
	5	47°56'	44°36'	6,8-7,1
	7	48°01'	44°28'	9,2-9,9
2019	Разрез III ГНС			
	18	48°56'	45°29'	3,8-4,8
	22	48°56'	44°53'	11,0-11,8
	24	48°56'	44°33'	11,8-16,5
	25	48°56'	44°18'	18,3-21,0
	20	48°56'	45°13'	6,2
	Разрез IIIa ГНС			
	2	47°48'	44°49'	4,8
	5	47°56'	44°36'	6,0
	7	48°01'	44°28'	6,8
	3a.1	47°45'	44°55'	6,0
	3a.2	47°48'	44°49'	4,2-4,8
	3a.5	47°56'	44°36'	6,4-7,8
	3a.7	48°01'	44°28'	9,8-10,2

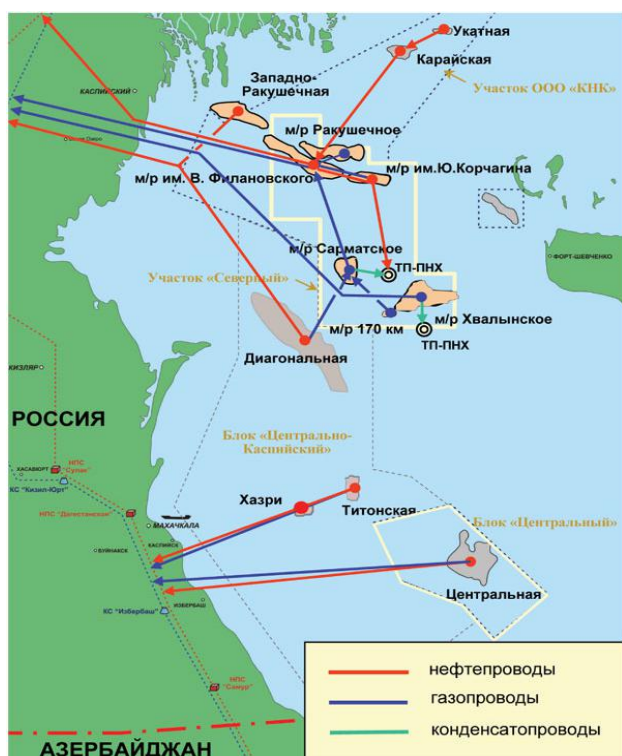


Рисунок 4 – Районы нефтегазодобычи в Каспийском море

В системе Росгидромета для комплексной оценки состояния поверхностных и морских вод применяются расчетные значения ИЗВ, позволяющие отнести воды исследуемого района к определенному классу чистоты. Методической основой комплексного способа является оценка степени загрязненности воды водного объекта по совокупности ЗВ. В качестве норматива используют ПДК вредных веществ [57]. Данный индекс является типичным аддитивным коэффициентом и представляет собой среднюю долю превышения ПДК по строго лимитированному числу индивидуальных показателей (ингредиентов). Уровень загрязненности воды данного водного объекта определяется через относительную характеристику, рассчитанную по реальным концентрациям совокупности ЗВ и соответствующим им нормативам.

В соответствии с РД 52.15.880-2019 [1], в качестве критериев оценки качества морской среды рекомендуется использовать установленные Росгидрометом критерии экстремально высокого и высокого загрязнения окружающей среды.

Для оценки качества ДО рекомендуется использовать «Голландские листы» и канадские стандарты до момента установления в Российской Федерации нормативов ДК вредных веществ в ДО водных объектов.

Одним из признаков загрязнения акватории является высокая вариабельность концентрации ЗВ. В качестве показателя вариабельности рекомендуется использовать коэффициент вариации K_v , рассчитываемый как частное от деления среднеквадратического отклонения на среднее арифметическое значение пространственного ряда концентраций.

Для оценки загрязненности акватории по отдельным показателям рекомендуется использовать повторяемость концентраций, превышающих ПДК (для воды) или ДК (для ДО). В зависимости от значения повторяемости загрязненность акватории данным ЗВ характеризуется как единичная, неустойчивая, устойчивая или характерная.

Загрязненность акватории отдельными ЗВ рекомендуется оценивать по кратности превышения ПДК или ДК фактической концентрацией. Загрязненность морских вод оценивается по индикатору комплексности K , который рассчитывается как отношение числа веществ, содержание которых превышает норму, к общему числу нормируемых ингредиентов, определяемых на исследуемой акватории: комплексность загрязненности воды считается незначительной при $K < 10\%$ и более высокой – при $K > 10\%$.

Оценка уровня нефтяного загрязнения ДО является важным показателем воздействия нефтегазового сектора на морскую среду. Выявлению случаев такого

загрязнения должно уделяться особое внимание. Оценка качества ДО по содержанию в них НУ проводится по принятой международной шкале [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РД 52.15.880-2019 «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды в районах разведки и разработки морских нефтегазовых месторождений». – URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293724/4293724612.pdf> (дата обращения 15.04.2020).
2. «Водный кодекс Российской Федерации» от 03.06.2006 № 74-ФЗ. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_60683/ (дата обращения 01.10.2019).
3. ГОСТ 17.1.1.01-77 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200009357> (дата обращения 25.03.2019).
4. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 6. Часть I. Гидрологические наблюдения и работы на больших и средних реках (3-е издание, переработанное и дополненное). – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200095306> / (дата обращения 04.10.2019).
5. Федеральный закон № 7-ФЗ от 10.01.2002 «Об охране окружающей среды». – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения 10.10.2019).
6. Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний уровня Каспийского моря/Полонский В.Ф., Михайлов В.Н., Кирьянов С.В. и др.; Отв. ред.: Полонский В.Ф. и др. — Москва: ГЕОС, 1998. – 278 с.
7. Монахова Г.А., Есина О.И., Татарников В.О., Монахов С.К. Оценка загрязнения морской среды в районах добычи нефти и газа на морском шельфе//Защита окружающей среды в нетегазовом комплексе, 2014. – № 1. – С. 32-37.
8. Михайлов В.Н. Гидрология устьев рек: Учебник. – М: Изд-во МГУ, 1998. – 176 с.
9. ГОСТ 19179-73 Государственный стандарт Союза ССР. Гидрология суши. Термины и определения. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-19179-73> (дата обращения 25.03.2019).
10. РД 52.24.309-2016 «Организация и проведение режимных наблюдений за состоянием и загрязнением поверхностных вод суши»
11. Загрязняющие вещества в водах Волжско-Каспийского бассейна/Отв. ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островская. – Астрахань: Издатель: Сорокин Роман Васильевич, 2017. – 406 с.
12. Проблемы качества вод Нижней Волги и Северного Каспия / Под ред. В.Ф. Бреховских, Е.В. Островской. М.: Типография Россельхозакадемии, 2013. 300 с
13. Обзор тенденции и динамики загрязнения устьевой области Волги за период 1978-2018 гг. /Отв. ред. Е.В. Островская. – Астрахань, 2020. – 121 с.
14. Координационный комитет по гидрометеорологии Каспийского моря. Информационный бюллетень. – URL: <http://www.caspcor.com/index.php?razd=bullet&lang=1> (дата обращения 29.05.2020).
15. Гидрометеорология и гидрохимия морей. Каспийское море. Вып. 1: Гидрометеорологические условия. СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 359 с.
16. Каспийское море: Гидрология и гидрохимия. (Р.В.Николаева, Л.С.Кулакова, Л.С.Евсеева и др.) М.: Наука, 1986. 262 с.
17. Каспийское море: экстремальные гидрологические события / М. В. Болгов, Г. Ф. Красножон, А. А. Любушин ; отв. ред. М. Г. Хубларян. – М.: Наука, 2007, – 380 с.
18. Афанасьева Н.А., Ильинская Г.К., Коршенко А.Н. Экологическое состояние Каспийского и Балтийского морей у берегов Российской Федерации // Метеорология и гидрология, 1993. № 5. С. 105–115.

19. Государственные доклады о состоянии природных ресурсов и охране окружающей среды Астраханской области за 2008–2010 гг. Астрахань, 2009–2011.
20. Немировская И.А., Бреховских В.Ф. Генезис углеводородов во взвеси и в донных осадках северного шельфа Каспийского моря // *Океанология*, 2008. Т. 48. № 1. С. 48–58.
21. Dumont H.J. Caspian Lake: history, biota, structure, and function // *Limnol. Oceanogr.*, 1998. V. 43. P. 44–52.
22. Потайчук М.С. Многолетние изменения гидрометеорологического режима Каспийского моря // *Труды ГОИН*. – М., 1975. – 95 с.
23. Розенберг Г.С., Краснощеков Г.П. Волжский бассейн: экологическая ситуация и пути рационального природопользования. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 1996. – 240 с.
24. Розенберг Г.С. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. – Тольятти: ИЭВБ РАН; Кассандра, 2009. – 477 с.
25. Волжский бассейн. Устойчивое развитие: опыт, проблемы, перспективы / Под ред. Г.С. Розенберга. – М.: Институт устойчивого развития Общественной палаты Российской Федерации / Центр экологической политики России, 2011. – 104 с.
26. Качество поверхностных вод Российской Федерации. Ежегодник. – Ростов-на-Дону: ФГБУ «Гидрохимический институт», 2019. – 561 с.
27. Ильзова Ф.Ш., Поставик П.В., Аляутдинов В.А. Каспийское море // *Качество морских вод по гидрохимическим показателям. Ежегодник 2012* / Под ред. А.Н. Коршенко. – М., 2013. – С. 16-35.
28. Алексеева Т.А. Проблемы защиты водной среды от загрязнения нефтью и нефтепродуктами//*Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе*, 2008. – № 5. – С. 21-24.
29. Korshenko A.A., Gul A.G. Pollution of the Caspian Sea. // *The Handbook of Environmental chemistry. Volume 5 Water Pollution. Part P The Caspian Sea Environment*. Berlin: Springer, 2005. Pp. 109-142.
30. Tolosa I., de Mora S., Sheikholeslami M. R., Villeneuve J. P., Bartocci J., Cattini C. Aliphatic and aromatic hydrocarbons in coastal Caspian Sea sediments. *Mar. Pol. Bul.* 2004. No. 48. P. 44-60
31. Панин Г.Н., Мамедов Р.М., Митрофанов И.В. Современное состояние Каспийского моря. М: Наука, 2005. 356 с.
32. Каспийское море: Ихтиофауна и промысловые ресурсы (В.Н. Беляева, Е.Н. Казанчев, В.М. Распопов). М.: Наука, 1989. 236 с.
33. Клиге Р.К., Селиванов А.О. Баланс осадочного вещества в Каспийском море и его возможная роль в изменениях уровня водоема // *Водные ресурсы*, 1995. Т. 22. № 3. С. 330–335.
34. Диаров М.Д. Влияние деятельности нефтегазового комплекса на природную среду Северного Каспия//*Вестник Каспия*, 2002. – № 1. – С. 114-123.
35. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е. Газогидраты морей и океанов. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2009. – 416 с.
36. Образование биогенных УВ в морской среде. – URL: <https://yandex.ru/images/search?text/> (дата обращения 11.05.2019).
37. Монахов С.К., Есина О.И., Монахова Г.А., Татарников В.О., Геоэкологические показатели загрязнения морей: методы расчета и применения. – Астрахань, 2014. – 82 с.
38. Мехтиев А.Ш., Гюль А.К. Техногенное загрязнение Каспийского моря. Баку: Элм, 2006. 142 с.
39. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию. – СПб.: Химиздат, 1999. – 144 с.
40. Немировская И.А., Бреховских В.Ф. Казмирук В.Д. Происхождение углеводородов в донных осадках Ивановского водохранилища//*Водные ресурсы*, 2009. –

– № 3. – С. 354-362.

41. Галиулин Р.В., Башкин В.Н. Загрязнение водной среды углеводородами//Вода: Химия и экология, 2011. – № 7. – С. 19-24.

42. Бондур В.Г., Кузнецова Т.В. Исследование естественных нефте- и газопоявлений на морской поверхности по космическим изображениям//Аэрокосмический мониторинг объектов нефтегазового комплекса, 2012. – № 9. – С. 272-287.

43. Дадашев Ф.Г., Мамедова П.А., Полетаев А.В. Зональное распределение грязевых вулканов в нефтегазоносных областях//Геология нефти и газа, 2003. – № 1. – С. 18-20.

44. Монахов С.К., Бутаев А.М, Оценка вклада водообмена и внутриводоемных процессов в загрязнение морской среды на лицензионном участке «Лаганский»//Юг-Росии: Экология и развитие. - 2010. – №4. – С. 112-118

45. Письмо Росгидромет № 652 от 12.11.2001 года «О понятии фоновая концентрация». – URL: <http://www.kfo.meteorf.ru/assets/files/83/metodicheskoe%20informaczionnoe%20pismo%20po%20voprosam%20nds.pdf> (дата обращения 03.12.2018).

46. Лисицын А.П., Маргинальный фильтр океанов // Океанология, 1994, том 34, № 5, с. 735-747

47. Гурский Ю.Н., Лисицин А.П., Геохимические особенности процессов на нижнем этаже маргинального фильтра река – море // ДАН. 2011. Т.436. №3. С. 368-376.

48. Агатова А.И., Кирпичев К.Б., Лапина Н.М. и др. Органическое вещество Каспийского моря//Океанология. – 2005. – Т. 45. – № 6. – С. 841-850.

49. Козина Н.В., Новигатский А.Н. Состав обломочных минералов поверхностного слоя донных осадков Каспийского моря // Океанология, 2014, том 54, № 3, с. 378- 395.

50. Хрусталеv Ю.П. Закономерности современного осадконакопления в Северном Каспии. Ростов-на-Дону, 1978. 207 с.

51. Техногенное загрязнение и процессы естественного самоочищения Прикавказской зоны Черного моря. М.: Недра, 1996. 502 с.

52. Бухарицин П.И., Лабунская Е.Н. Исследования морских льдов в целях обеспечения нефтегазовых работ на шельфе Северного Каспия // Вестник АГТУ. Сб. науч. тр. Экология. Астрахань: изд-во АГТУ, 2002. С.

53. Сытник Ю.М., Арутюнова Н.В., Евтушенко Н.Ю. Тяжелые металлы в осетровых рыбах Каспия // Проблемы изучения, охраны и рационального использования природных ресурсов Волго-Ахтубинской поймы и дельты реки Волги. Астрахань, 1989. С. 97–98.

54. Кукса В.И. Южные моря (Аральское, Каспийское, Азовское и Черное) в условиях антропогенного стресса. СПб.: Гидрометеиздат, 1994. 318 с.

55. Кирьянов С.В., Афанасьева Н.А. Влияние стока Волги на состояние загрязнения Северного Каспия // Метеорология и гидрология, 1992. № 6. С. 114–117.

56. Монахов С.К., Татарников В.О., Тарасова Р.А., Попова Н.В., Курапов А.А., Зайцев В.Ф., Мелякина М.И. Диагноз основных источников загрязнения районов нефтегазодобычи, расположенных в зоне смешения речных и морских вод // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2009. № 9. С. 46–49.

57. Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». – URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minselhoza-Rossii-ot-13.12.2016-N-552/> (дата обращения 21.09.2019).