

УДК 551.465.755:519.688

Канд. геогр. наук

Н.И. Ивкина<sup>1</sup>

PhD, профессор

А.Ф. Елтай<sup>2,1</sup>Бьорн Клове<sup>3</sup>М.Т. Садуокасова<sup>2,1</sup>И.В. Шенбергер<sup>4</sup>Г.М. Шишкина<sup>1</sup>

### КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ КАЗАХСТАНСКОГО СЕКТОРА КАСПИЙСКОГО МОРЯ

**Ключевые слова:** уровень, Каспийское море, загрязнения, нефтепродукты, фенолы

*В статье рассмотрены вопросы, связанные с периодическими и непериодическими колебаниями уровня Каспийского моря и их влиянием на уровень загрязнения углеводородами морской воды. Приведена статистика сгонно-нагонных явлений в казахстанском секторе за последние 5 лет. Отмечено, что колебания уровня Каспийского моря в первую очередь влияют на гидрологические, морфометрические и гидрохимические характеристики мелководной северо-восточной части, примыкающей к берегам Казахстана. Исследование параметров загрязнения проводилось статистическими методами за последние 10 лет для районов активной антропогенной нагрузки, впадения реки Жайык (Урал) и для районов открытой акватории моря. Выявлены зависимости между содержанием нефтепродуктов и фенолов в воде и уровнем моря, а также положительный тренд концентрации данных элементов в мелководных районах казахстанского сектора Каспийского моря.*

Как известно, уровень Каспийского моря, как замкнутого водоема, в отличие от колебаний уровня в морях, подвержен значительным много-

<sup>1</sup> РГП «Казгидромет», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup> Университет Оулу, г. Оулу, Финляндия

<sup>4</sup> ТОО «Казахстанское Агентство Прикладной Экологии», г. Алматы, Казахстан

летним, межгодовым и сезонным колебаниям (рис. 1). Данные колебания уровня относятся к типу объемных колебаний. Аномальные колебания уровня Каспийского моря в первую очередь влияют на гидрологические, морфометрические и гидрохимические характеристики мелководной северо-восточной части, примыкающей к берегам Казахстана, где даже небольшие колебания уровня приводят к затоплению или осушению обширных территорий.

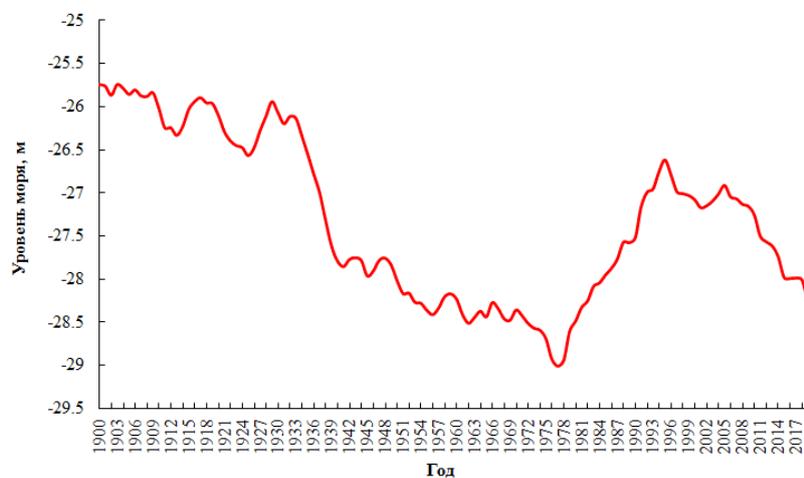


Рис. 1. *Ход фонового уровня Каспийского моря за период с 1900 по 2018 гг.*

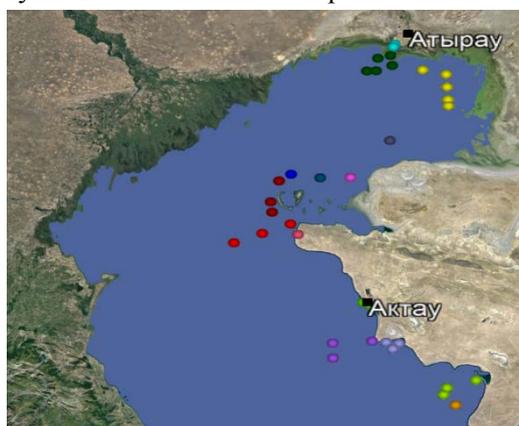
С начала проведения инструментальных наблюдений уровень Каспийского моря колебался в среднем около отметки минус 25,8 м. В прошлом столетии уровень Каспийского моря почти до конца 70-х годов, в основном, понижался. Общее непрерывное понижение уровня, наблюдавшееся в 1930...1977 гг., составило 3,2 м со средней интенсивностью падения около 4 см в год. В 1977 г. уровень моря достиг самой низкой отметки за период наблюдений - минус 29,01 м. Падение уровня было связано с тем, что с середины 30-х годов на реках Каспийского бассейна началось интенсивное водохозяйственное строительство, влияние которого стало наиболее ощутимо в 50-е годы. К началу 70-х годов практически все крупные реки бассейна были зарегулированы. В результате этого уменьшился объем речного стока, и изменилось его внутригодовое распределение. В результате этого площадь водной поверхности моря сократилась. Высохли и превратились в соры мелководные заливы Кайдак и Комсомолец. Понижение уровня вызвало большие осложнения в работе портов Каспийского побережья и резко ухудшило условия судоходства, особенно в Северном

Каспии. Произошло переформирование берегов и опустынивание части территории, что вызвало снижение уровня грунтовых вод. Увеличилась соленость вод Северного Каспия, которая повлияла на состояние кормовой базы полупроходных и осетровых рыб, что привело к снижению биомассы большинства донных организмов. Основными факторами, обуславливающими это понижение, явились изменения климата и хозяйственная деятельность человека в бассейне р. Волги [1, 4...9].

С 1978 г. началось современное интенсивное повышение уровня Каспийского моря, которое продолжалось в течение 18 лет. За это время уровень моря повысился на 2,5 м и к 1995 г. достиг отметки минус 26,62 м. Средняя интенсивность подъема уровня за этот период составила около 14 см в год, а в отдельные годы – до 36 см. Подъем уровня привел к еще большим негативным последствиям. Ведь и хозяйство, и население прибрежных районов уже приспособились к низкому уровню. В результате подъёма фонового уровня воды и затопления большой территории побережья изменились гидрологические условия и в прибрежной зоне казахстанской части Северного Каспия. Подверглась значительному затоплению территория от с. Курмангазы до пос. Жанбай. В своих трудах Сыдыков Ж.С. и Голубцов В.В. [10, 11] отмечают, что это привело к подпору подземного стока, направленного к морю. В результате образовались небольшие водоемы, затопленные соленой водой, а также солончаки и заболоченные площади, разбросанные между собой и не имеющие открытой связи с морем. Замедлился водообмен в грунтовых водах, что вызвало повышение их минерализации. Происходил процесс поднятия грунтовых вод и в окрестностях г. Атырау. Во многих районах города уровни грунтовых вод достигли критической отметки, когда амплитуда их колебания, вследствие неглубокого залегания, регулируется процессами испарения. Это приводило к появлению воды в подвальных помещениях и подтоплению фундаментов зданий. Кроме того, получили развитие негативные процессы подтопления территории города на фоне уменьшения дренирующего действия воды в русле р. Урал (Жайык). В результате подъема уровня моря наблюдалось разрушение инфраструктуры прибрежной части города Актау. Был причинен ущерб сотням километров шоссейных и грунтовых дорог. Из-за повышения уровня моря пострадали нефтедобывающие предприятия и рыбохозяйственные предприятия. Начиная с 2006 г. уровень Каспийского моря имеет тенденцию к снижению. В 2018 г. среднегодовой уровень моря достиг отметки минус 28,01 м, а в некоторые месяцы его от-

метки были ниже среднегодового на 20 см. Среднегодовое падение уровня моря за период наблюдений с 1900 по 2018 гг. составило минус 27,31 м БС, т.е. современный уровень моря ниже среднегодового на 70 см. Снижение уровня моря более чем на 1 м способствовало изменению положения береговой линии Каспийского моря, особенно в казахстанском секторе. Это объясняется тем, что данный район моря имеет малые уклоны дна и прилегающей к нему суши и даже небольшие изменения уровня моря приводят к значительным затоплениям или осушениям побережья. Современное падение уровня моря также привело к изменению морфометрических характеристик: образовались новые островки, заливы. В некоторых районах море отступило на 25 км. По данным картирования спутниковых снимков площадь осушения в северо-восточной части Каспийского моря составила более 5000 км<sup>2</sup> [3].

Изучение колебаний Каспийского моря и их влияния на хозяйственные проблемы очень актуально. Наряду с этими исследованиями важно знать, как влияют колебания уровня на гидрохимические условия Каспийского моря.



- Легенда**
- Город
  - Районы активной антропогенной нагрузки
  - Морской судоходный канал
  - Тенгизское месторождение
  - Месторождение Каламкас
  - Месторождение Курмангазы
  - Месторождение Дархан
  - Месторождение Арман
  - Месторождение Каражамбас
  - Форт-Шевченко
  - Морпорт Актау
  - поселок Курык
  - Район впадения реки
  - Река Жайык (Урал)
  - Открытая акватория моря
  - Остров Кулалы
  - Разрез Мангышлак-Чечень
  - Разрез Песчаный-Дербент
  - Разрез Кендерли-Дивичи

Рис. 2. Схема расположения точек отбора проб.

Исследование параметров загрязнения за последние 10 лет проводилось статистическими методами для районов активной антропогенной нагрузки, впадения реки Жайык (Урал) и для районов открытой акватории моря (рис. 2).

Воды Каспийского моря загрязняются разнообразными веществами органического и минерального происхождения. Они поступают в море с речным стоком, непосредственно со сточными водами, при разливах нефти и авариях судов, при затоплении прибрежных районов. Активная производственная деятельность на побережье способствует увеличению притока загрязнителей с заливаемой береговой полосы. Этот процесс усиливается, благодаря периодическим затоплениям территорий вследствие штормовых нагонов и последующих сгонов. Исследуемый район, северо-восточная часть, особенно ее прибрежная зона, является одним из самых уязвимых районов Каспийского моря, где происходят наиболее существенные изменения гидролого-морфологических, гидрохимических и экологических процессов. Здесь, в среднем, в месяц отмечается 3...4 нагона и 4...5 сгонов, поэтому 80...85 % времени года береговая черта у восточного побережья Северного Каспия неустойчива и практически все время мигрирует [2].

В таблице 1 приведена статистика сгонно-нагонных явлений за последние 5 лет. Одной из основных особенностей гидролого-морфологических процессов у побережья Каспийского моря является то, что они происходят в условиях значительных изменений среднего (фоновое) уровня моря. При средних ветровых условиях размах этой миграции составляет 3...5 км, в экстремальных – при сгоне величина осушки может достигать 8...12 км, а величина затопления суши в отдельных районах побережья более 30 км. В результате повышения уровня моря происходит возрастание длительности, глубины нагонов и интенсивности течений; меняется гидрохимический режим участков рек и мелководий, растет загрязнение тяжелыми металлами, нефтепродуктами, пестицидами, другими вредными и опасными веществами и их соединениями, поступающими в море с речным стоком, а также вымываемые из грунта затопляемых территорий; размываются берега с расположенными на них строениями, теряются затопляемые и подтопляемые сельскохозяйственные угодья, что приводит к ухудшению природных и социально-экономических условий прилегающих территорий, ухудшению медико-экологической обстановки, другим чрезвычайным положениям.

Таблица 1

Количество сгонно-нагонных явлений за период с 2013 по 2018 гг. по данным М Пешной

Явление	Год					
	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Нагон	103	73	47	41	43	54
Сгон	30	29	51	43	30	47
Итого	133	102	98	84	73	101

Для шельфа неприливногo Каспийского моря основным видом колебаний уровня воды являются сгонно-нагонные явления анемобарического происхождения, при которых за короткий период (несколько часов) уровень может измениться на 1,5...2,5 м. Эти явления, в свою очередь, также наносят серьезный ущерб хозяйственной деятельности в прибрежной зоне. Особенно опасными и влекущими значительные материальные потери являются нагоны в отмельных районах моря с низменным побережьем, на котором они вызывают наводнения. Вышеуказанные условия и процессы весьма характерны для Северного Каспия, имеющего огромную протяженность мелководья (около 70 % акватории приходится на глубины менее 5 м) и крайне малое превышение отметок прилегающей к морю суши над современным уровнем моря. Повышение уровня воды при нагонах для районов побережья, высотные отметки которого незначительно превышают отметку среднего уровня моря, представляет иногда катастрофическое бедствие. Особенно это относится к северо-восточной мелководной, заливообразной части Каспийского моря с очень пологими берегами Прикаспийской низменности, у берегов которой отмечаются наибольшие в этом море величины нагонов. Так небольшой нагон 1991 г. вызвал повышение концентрации нефтепродуктов в районе Тенгиза до 4,2 ПДК, которая затем вскоре (за 3 суток) опустилась до фоновой (1,8 ПДК). В зону затопления водами Каспия попадают действующие нефтепромыслы, законсервированные скважины, места складирования отходов бурения, разливы нефти и нефтесодержащих пластовых вод. Наибольшую опасность представляет загрязнение нефтяными углеводородами.

Нефть препятствует не только естественной аэрации водоема, вызывая дефицит растворенного в воде кислорода, но и нарушает нормальные биологические процессы в водоемах, на длительное время изменяет состав воды. Особенно велико отрицательное воздействие нефти и вторичного загрязнения водоемов в результате нарушения и прекращения жизнедеятель-

ности флоры. При загрязнении нефтью водоемов замедляется рост водорослей, угнетается жизнедеятельность рыб и морских млекопитающих. Осевшие на дне мазут, масла, тяжелые углеводороды вызывают вторичное загрязнение водоемов, отравляют донный грунт, вызывают гибель водных растений и питающихся там птиц. При оптимальных условиях природной среды срок разложения нефти в воде исчисляется несколькими десятками суток, однако нефтепродукты постоянно присутствуют в воде в растворенном и пленочном состоянии, что свидетельствует о преобладании процессов загрязнения над процессами естественного самоочищения.

Как показывают исследования, нефтяное загрязнение морских вод в районах нефтепромыслов не носит постоянного характера. Так, в 2017 г. в июне в районе месторождения Каражамбас оно находилось на уровне 0,032 мг/л, что составляет 0,6 ПДК, в сентябре – 0,02 мг/л (0,4 ПДК), в районе месторождения Тенгиз в период с июня по сентябрь 2017 г. оно находилось в пределах 0,043...0,048 мг/л (0,9...0,96 ПДК). Содержание нефтепродуктов в донных отложениях не велико. Грунт накапливает в себе нефтепродукты, концентрация которых в значительно меньшей степени подвержена влиянию сгонно-нагонных явлений и отражает долговременный интегральный процесс.

В последние годы в мелководных районах Северного Каспия прослеживается четкая зависимость между содержанием нефтепродуктов в воде и уровнем моря (рис. 3). С понижением уровня моря увеличивается содержание углеводородов. Анализ данных показал, что достаточно редко фоновые концентрации содержания нефтепродуктов в воде превышают предельно-допустимые значения, однако существует положительный тренд увеличения концентрации нефтепродуктов в мелководных районах казахстанского сектора Каспийского моря.

Следующим анализируемым параметром загрязнения были фенолы – распространенные загрязняющие вещества, поступающие в воды Каспийского моря главным образом со сточными водами нефтеперерабатывающих и других предприятий. Обычно в естественных условиях фенолы образуются в процессе метаболизма водных организмов, при биохимическом окислении органических веществ. Предельно допустимая концентрация фенолов в питьевой воде и воде рыбохозяйственных водоёмов составляет 0,001 мг/л. Фенолы – химически нестойки и подвергаются в водной среде активному распаду. Процесс самоочищения морской воды от фенолов протекает по пути биохимического окисления под влиянием ферментов, вырабатываемых

микроорганизмами. Согласно проведенным исследованиям, концентрация фенолов в казахстанском секторе Каспийского моря не превышала ПДК. Выявлена достаточно четкая зависимость между содержанием фенолов в воде и уровнем на мелководных участках моря (рис. 4).

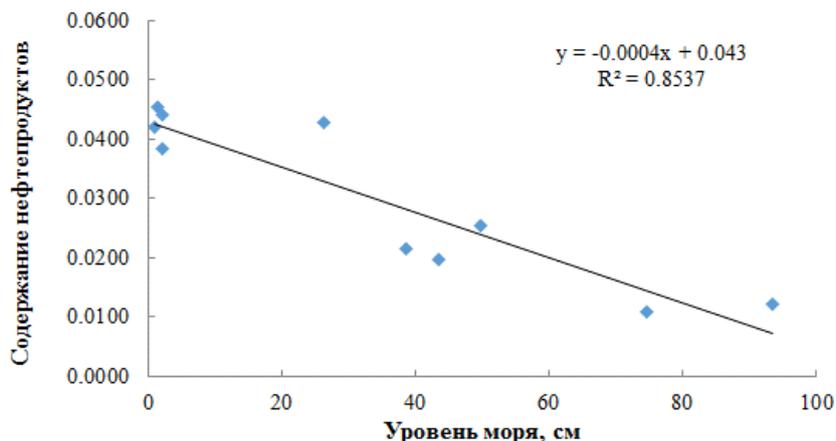


Рис. 3. Зависимость содержания нефтепродуктов в воде и уровне моря для мелководных районов Северного Каспия.

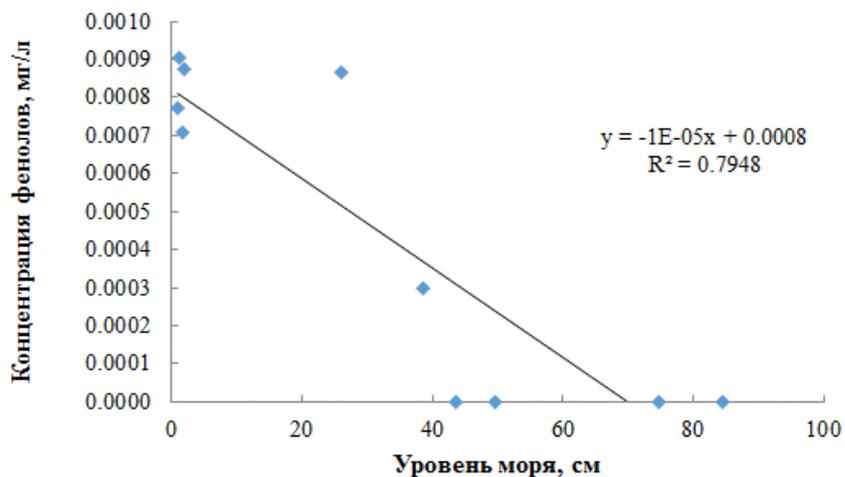


Рис. 4. Зависимость концентрации фенолов в воде и уровне моря для мелководных районов Северного Каспия.

Коэффициент аппроксимации составил 0,6...0,8. Несколько меньше в районах нефтяных месторождений и вековых разрезах Среднего Каспия. Несмотря на то, что концентрации фенолов находятся в допустимых пределах, прослеживается тенденция увеличения концентрации фенолов в связи с

падением уровня моря. Особенно заметно это проявляется в последние годы, когда концентрация фенолов приближается к предельному значению.

Таким образом, прослеживается зависимость между колебаниями уровня Каспийского моря и концентрацией углеводородов в казахстанском секторе. Это свидетельствует о том, что колебания уровня моря во многом обуславливают экологическое равновесие региона. Характер их влияния на побережье и морскую среду необходимо учитывать при освоении и использовании прибрежной зоны, а также при планировании и проведении природоохранных мероприятий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зонн И., Костяной А., Косарев А., Жильцов С. Каспийское море. Энциклопедия. – М.: Международные отношения, 2015. – 544 с.
2. Ивкина Н.И. Сгонно-нагонные явления в устьевой зоне казахстанского сектора Каспийского моря // Труды государственного океанографического института (ГОИН Росгидромета). – 2013 – Вып. 214. – С. 278-290.
3. Ивкина Н.И., Терехов А.Г., Наурызбаева Ж.К. Колебания уровня Каспийского моря и диагностика современных изменений положения береговой линии по спутниковым данным landsat периода 2005-2015 годов // Гидрометеорология и экология. – 2015. – № 2. – С. 89-99.
4. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N15 от 15 марта 2018 г. [Электронный ресурс] [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin15\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin15_1.pdf) (Дата обращения: 05.12.2018).
5. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N16 от 27 сентября 2018 г. [Электронный ресурс] [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin16\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin16_1.pdf) (Дата обращения: 05.12.2018).
6. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. О причинах и последствиях колебаний уровня Каспийского моря в XX-XXI столетиях. // Труды ГОИН. – 2008. – Вып. 211. – С. 127-151.
7. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. Современные колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, тенденции // Вестник Каспия.– 2006. – № 4 (60). – С. 40-59.
8. Никонова Р.Е. Уровень моря. Водный баланс. / Гидрология и гидрохимия морей. – Т.6. – Каспийское море, вып. 1. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 188-199, 211-221.

9. Проект «Моря». Гидрометеорология и гидрохимия морей. – Т. IV. Каспийское море, Вып. 1. – Гидрометеорологические условия. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1992. – 359 с.
10. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Куандыков Б.М. Каспийское море и его прибрежная зона. – Алматы: Олке, 1995. – 211 с.
11. Сыдыков Ж.С., Голубцов В.В., Мухамеджанов М.А. Проблемы Каспийского моря и возможности их решения. // Вестник Академии наук Республики Казахстан. – 1992. – № 4. – С.43-54.

Поступила 20.05.2020

Геогр.ғылым.канд.

PhD, профессор

Н.И. Ивкина

А.Ф. Елтай

Бьорн Клове

М.Т. Садуокасова

И.В. Шенбергер

Г.М. Шишкина

### **ТЕҢІЗ ДЕҢГЕЙІНІҢ ТЕРБЕЛІСІ ЖӘНЕ ОНЫҢ КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ ҚАЗАҚСТАН СЕКТОРЫНЫҢ МҰНАЙМЕН ЛАСТАНУЫНА БЫҚПАЛЫ**

**Түйін сөздер:** деңгей, Каспий теңізі, ластану, мұнай өнімі, фенол

*Мақалада Каспий теңізі деңгейінің мерзімді және периодтық емес тербелістері және олардың теңіз суының көмірсутектерімен ластану деңгейіне әсері туралы мәселелер қарастырылады. Соңғы 5 жылдағы қазақстандық сектордағы желшиегерме-желкөтерме құбылыстарының статистикасы келтірілген. Каспий теңізі деңгейінің тербелісі ең алдымен Қазақстан жағалауына жақын таяз солтүстік-шығыс бөлігінің гидрологиялық, морфометриялық және гидрохимиялық сипаттамаларына әсер етеді. Ластану параметрлерін зерттеу статистикалық әдістермен соңғы 10 жыл ішінде Жайық өзенінің салалары және ашық теңіз аудандары үшін жүргізілді. Теңіз деңгейі мен мұнай өнімдері және фенолдар арасындағы тәуелділік анықталды, сондай-ақ Каспий теңізінің қазақстандық секторының таяз учаскелерінде осы элементтердің шоғырлануының оң тенденциясы анықталды.*

N.I. Ivkina, A.G. Yeltay, Bjørn Kløve, M.T. Saduokassova, I.V. Shenberger,  
G.M. Shishkina

**CHANGE OF WATER LEVEL AND ITS IMPACT TO THE OIL  
POLLUTION OF THE KAZAKHSTAN SECTOR OF THE CASPIAN  
SEA**

**Key words:** level, Caspian Sea, pollution, oil products, phenols

*The article deals with issues related to periodic and non-periodic fluctuations of the Caspian Sea level and its impact to seawater pollution by hydrocarbons. The statistics of storm surges of the Kazakhstan sector over the past 5 years is given. It was noted that Caspian Sea level fluctuations of the primarily affect to hydrological, morphometric and hydrochemical characteristics of the shallow northeastern part. The study of pollution parameters was carried out by statistical methods for the last 10 years for areas of active anthropogenic load, the mouth of the Zhayik River (Ural River) and for open sea area. Comparison between the content of petroleum products and phenols in water and sea level, as well as a positive trend in the concentration of these elements in the shallow areas of the Kazakhstan sector of the Caspian Sea, are revealed.*