

---

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

Канд. геогр. Наук

Н.И. Ивкина<sup>1</sup>

Е.И. Васенина<sup>1</sup>

А.Ф. Елтай<sup>2,1</sup>

## СГОННО-НАГОННЫЕ ЯВЛЕНИЯ В СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**Ключевые слова:** сгонно-нагонные явления, колебания уровня, Каспийское море.

*В статье рассматривается характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части Каспийского моря за различные периоды. Исследуются особенности развития сгонно-нагонных процессов на фоне подъема и спада фонового уровня Каспийского моря за последние 40 лет.*

**Введение.** История Каспийского моря характеризуется сложным ходом природных процессов. В первую очередь это выражается в резких колебаниях его уровня и сгонно-нагонных явлениях, развивающихся на этом фоне. Для Каспийского моря основным видом короткопериодных колебаний уровня моря являются сгонно-нагонные явления анемобарического происхождения, при которых за небольшой период времени (несколько часов) уровень может измениться на 1,5...2,5 м. Статистика сгонно-нагонных явлений в исследуемом районе Каспия, выполненная по данным морских станций МГ З.В. Шалыга и М Пешной за период наблюдений 1940...2018 гг., показывает, что за месяц здесь происходит в среднем 3...5 нагонов и 4...5 сгонов различной интенсивности. Поэтому 80...85 % времени береговая черта у северо-восточного побережья Северного Каспия неустойчива и практически все время мигрирует. При средних ветровых условиях размах этой миграции составляет 3...5 км, в экстремальных – при сгоне величина осушки может достигать 8...12 км, а при нагоне вода проникает вглубь суши до 15 км [2]. При сильном нагоне побережье затапливается более чем на 30 км от постоянного уреза воды. Наиболее высокие

---

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

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

нагонные волны (2...2,5 м) наблюдаются в заливе Комсомольский, на прибрежных участках полуострова Бузачи и сора Мертвый Култук.

**Используемые методы.** На основе анализа многолетнего ряда архивных данных получены представления об основных характеристиках и параметрах нагонов и сгонов. Характеристики сгонно-нагонных колебаний уровня Северного Каспия определяются ветром, глубиной, морфологическими особенностями дна и берегов, растительностью, ледяным покровом и стоком реки Жайык (в устье). Ветер, дующий в сторону мелководного берега вызывает нагон, а с берега – сгон. Эффективным считался ветер, направление которого при одинаковой скорости вызывало наибольший подъем (или спад) уровня [4]. За отсчетный горизонт для сгонно-нагонных колебаний уровня принималось положение уровня моря до начала явления (самое низкое положение при нагоне и самое высокое – при сгоне).

Для определения пространственно-временных характеристик сгонно-нагонных явлений использовался статистический метод – биномиальная асимметричная кривая обеспеченности или кривая распределения Пирсона III типа. Для получения модельных карт зон возможного затопления и осушения использовалась гидродинамическая модель Каспийского моря, основанная на технологии MIKE 21 Датского гидравлического института (DHI Water&Environment).

**Характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части в период подъема уровня Каспийского моря.** Если рассматривать последние 40 лет, то в изменениях уровня Каспийского моря можно выделить два периода: быстрого повышения – 1978...1995 гг. и медленного снижения – 1996...2018 гг., хотя надо отметить, что, начиная с 2006 г. темпы снижения уровня заметно возросли [1]. За период 1978...1995 гг. уровень Каспийского моря повысился с абсолютной отметки минус 29 м до минус 26,6 м, в результате чего значительная часть побережья попала под затопление, в том числе нефтеразведочные и нефтепромысловые скважины [7-8]. Долговременный подъем уровня моря усугубил влиянием ветровых (штормовых) нагонов, характерных для побережья Северного Каспия. Повышение уровня моря вызвало ряд негативных экологических процессов: затопление и подтопление прибрежных зон, в том числе нефтяных скважин, размыв пляжей и интенсивное загрязнение морских вод. В качестве примера можно привести нагон 20...22.04.1987 г., продолжительность которого составила 36 ч.

Причиной которого стал сильный шторм. Скорость ветра северо-западной четверти достигала 28 м/с. В результате нагона на 70 % был затоплен остров Новинский. На участке побережья от о. Новинского до Севрюжьей косы ширина зоны затопления была 2...3 км, на участке Севрюжьей Коса – Атаманская Коса она составила 5...8 км. Было подтоплено или затоплено около 20 животноводческих ферм. От дельты р. Жайык на восток ширина зоны затопления увеличилась до 20...25 км. На участке Жилая Коса – Тенгиз была затоплена территория шириной 15...20 км. Затоплены нефтепромыслы Терень-Узьяк, Каратон, Тажигали, Тенгиз, Прорва, разведочная площадь Южная Сарга. На нефтепромысле Каражанбас в двух местах размыва защитная дамба.

В акте обследования состояния защитных дамб месторождений на восточном побережье Северного Каспия ПО «Тенгизнефтегаз» отмечено, что после нагона 8...9 мая 1989 г. на месторождении «Западная Прорва» в дамбе образовались прораны 50 и 70 м, подмыты откосы дамбы высотой до 1 м. На месторождении «Западная Прорва» нагонными водами размыв 40-метровый участок автодороги. На Тенгизском месторождении воды вплотную подошли к обочине автодороги Каратон-Тенгиз. На месторождении «Тажигали» полностью размыв обвалование месторождения. На месторождении «Терень-Узьяк» образовался 100-метровый проран в дамбе, а с южной стороны произошел перелив воды через верхнюю отметку на протяжении 150...200 м. Данный нагон был вызван ветрами западного и юго-западного направления скорость которых достигала 14 м/с.

Статистика этих явлений показала, что наиболее часто они фиксировались осенью (рис. 1), экстремальные – в апреле-мае и ноябре.

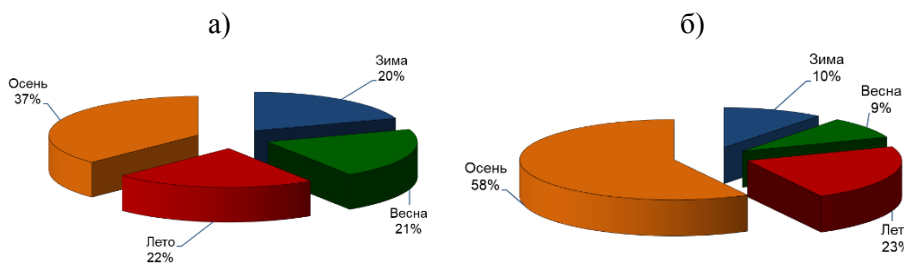


Рис. 1 Повторяемость сгонно-нагонных явлений по данным М. Пешиной за период с 1978 по 1995 гг. а) – нагонные явления, б) – сгонные явления.

Уровень воды у восточного побережья поднимался более чем на 2 м и в зону затопления попадала территория с абсолютными отметками ниже минус 24,5 м. Продолжительность подъема уровня менялась от 6 до 360 ч.

Наибольшая величина спада уровня была зафиксирована станцией М Пешной и составила 97 см, море отступало до отметки – 29,14 м БС. Амплитуда колебаний с учетом сгонно-нагонных явлений составила 4,6 м [2].

Средняя высота значимого нагона за этот период составила 58 см, а сгона – 64 см.

***Характер сгонно-нагонных явлений в северо-восточной части в период падения уровня Каспийского моря.*** В период 1996...2018 гг. уровень Каспийского моря понизился с абсолютной отметки минус 26,8 м до минус 28,03 м и зона затопления сместилась в сторону моря (рис.2).



*Рис. 2. Положение береговой линии в северо-восточной части Каспийского моря в 2005 и 2018 гг..а) – космический снимок NASA за 08.07.2005 г.; б) – космический снимок NASA за 09.07.2018 г.*

Падение уровня моря составило 1,42 м, и он вплотную приблизился к отметке минус 28,0 м. Средняя интенсивность падения составила 9 см/год, а в отдельные годы ее величина доходила до 24...25 см/год (2011 и 2015 гг. соответственно). В 2016 и 2017 гг. средний фоновый уровень достиг отметки –27,99 м БС, в 2018 г. его отметка составила – 28,03 м БС, а в декабре 2018 г. уровень доходил до отметки – 28,23 м БС (табл.1).

Как видно из рис. 2 такое снижение уровня моря способствовало изменению положения береговой линии Каспийского моря, особенно в его северо-восточной части. Вышли на дневную поверхность значительные пространства дна прибрежного участка моря (более 20 км шириной). Конфигурация береговой черты изменилась, береговая черта изрезана эрозионными сточными ложбинами. По этим ложбинам талая вода весной стекает в сторону моря, а во время нагона морская вода с моря поступает в прибрежные соры и затопливает территорию. Данный район моря имеет малые уклоны дна и прилегающей к нему суши (падение в сторону моря – 4...7 см на 1 км) и даже небольшие изменения уровня моря приводят к значительным затоплениям или осушениям побережья [5-6].

Таблица 1

Среднемесячный фоновый уровень Каспийского моря за период  
2011...2018 гг., м [1]

Месяц	Год							
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Январь	-27,50	-27,61	-27,73	-27,73	-28,00	-28,19	-28,10	-28,07
Февраль	-27,50	-27,58	-27,72	-27,74	-27,98	-28,16	-28,07	-28,09
Март	-27,51	-27,59	-27,68	-27,72	-27,94	-28,09	-28,04	-28,06
Апрель	-27,47	-27,56	-27,64	-27,69	-27,91	-28,02	-28,03	-28,02
Май	-27,42	-27,52	-27,54	-27,64	-27,86	-27,95	-27,95	-27,93
Июнь	-27,36	-27,48	-27,46	-27,60	-27,81	-27,80	-27,88	-27,87
Июль	-27,36	-27,42	-27,44	-27,58	-27,82	-27,78	-27,83	-27,85
Август	-27,44	-27,46	-27,49	-27,64	-27,91	-27,81	-27,84	-27,89
Сентябрь	-27,59	-27,55	-27,57	-27,73	-28,01	-27,95	-27,94	-28,02
Октябрь	-27,62	-27,63	-27,66	-27,88	-28,13	-27,99	-28,03	-28,15
Ноябрь	-27,63	-27,68	-27,70	-27,93	-28,19	-28,03	-28,05	-28,20
Декабрь	-27,63	-27,70	-27,74	-27,98	-28,20	-28,12	-28,08	-28,23
Год	-27,50	-27,57	-27,61	-27,74	-27,98	-27,99	-27,99	-28,03

Сгонно-нагонные явления также, как и в предшествующем периоде, наиболее часто фиксировались осенью (рис. 3), экстремальные – в апреле и ноябре, но количество сгонов увеличилось в весенний период. Уровень воды в районе станции М Пешной поднимался на 172 см и в зону затопления попадала территория с абсолютными отметками ниже минус 26,0 м. Наибольшая величина спада уровня была зафиксирована станцией М Пешной и составила 117 см, море отступало до отметки – 29,52 м БС. Амплитуда колебаний с учетом сгонно-нагонных явлений – 3,5 м.

Средняя высота значимого нагона и сгона (более 40 см) за этот период составила 60 см.

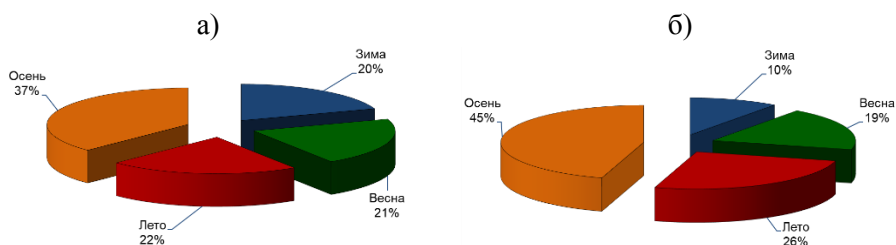
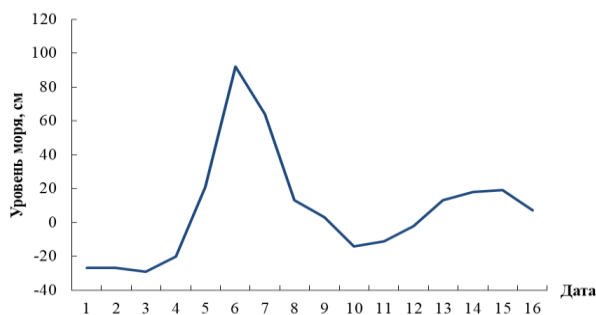


Рис. 3 Повторяемость сгонно-нагонных явлений по данным М Пешной за период с 1996 по 2018 гг. а) – нагонные явления, б) – сгонные явления.

Анализ каталога сгонно-нагонных явлений [3], созданного в управлении гидрометеорологических исследований Каспийского моря РГП «Казгидромет» показал, что за последние 10 лет количество нагонов в

районе северо-восточной части Каспийского моря значительно уменьшилось, а сгонов – увеличилось. Необходимо отметить, что в северной части Каспийского моря наблюдаются наибольшие по величине сгоны, однако они изучены слабо. Основной причиной является чрезвычайная отмелость берегов в этом районе: при сгонах образуется осушка, вода может уходить от водомерного поста на несколько километров в сторону моря и при сильных сгонах взять отсчёт по рейке невозможно. Ниже приведем два случая опасных сгонно-нагонных явлений, зафиксированных в 2017 и 2019 гг.

Так со 2 по 11 декабря 2017 г. наблюдалась классическая сгонно-нагонная ситуация (рис.4). При устойчивом юго-восточном направлении ветра с максимальной скоростью ветра до 12 м/с произошёл подъём уровня моря до отметки минус 28,30 м БС, а затем спад до отметки минус 27,02 м БС, следом началось критическое падение уровня Каспийского моря с отметки минус 27,08 м до отметки минус 28,14 м. По критериям опасности произошёл особо опасный нагон (затопление побережья более 10 км, разрушение дамб и построек) и особо опасный сгон (суда могут оказаться на мели).



*Рис 4. Ход уровня Каспийского моря по данным М Пешиной в период сгонно-нагонной ситуации в декабре 2017 г.*

Еще один экстремальный случай наблюдался в период с 16 по 22 апреля 2019 г. (рис. 5). При низком значении уровня Каспийского моря (минус 28,22 м БС) началось опасное падение уровня до отметки минус 28,96 м. Скорость ветра в этот период достигала 16 м/с, направление ветра – северо-восточное. Затем, по классической схеме, наблюдался подъем уровня Каспийского моря до отметки минус 27,65 м БС при максимальном юго-западном направлении ветра до 8 м/с.

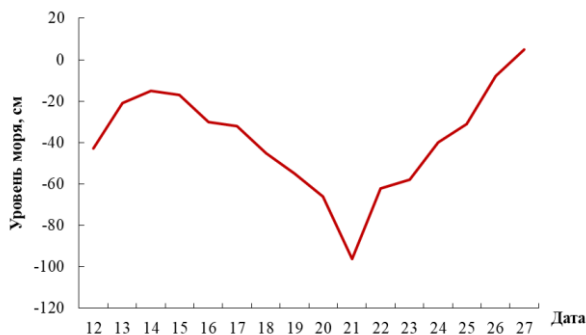


Рис. 5 Ход уровня Каспийского моря по данным М Пешной в период сгонно-нагонной ситуации в апреле 2019 г.

**Статистический анализ сгонно-нагонных явлений.** Расчеты выполнялись по имеющемуся каталогу сгонно-нагонных явлений. Ряды сгонно-нагонных уровней воды имели нормальное распределение. На основе проведенных расчетов были построены модельные карты затопления Атырауской области Каспийского моря. Они отражают возможное затопление при прохождении нагонов редкой повторяемости – 0,01%-ной обеспеченности (рис 6-7) при современном положении уровня моря – минус 28,0 м БС. Координаты зон затопления нанесены на модельные батиметрические карты с шагом сетки 2 км. На рисунках представлены уменьшенные копия карт в равноугольной цилиндрической проекции Меркатора (UTM-координатах).

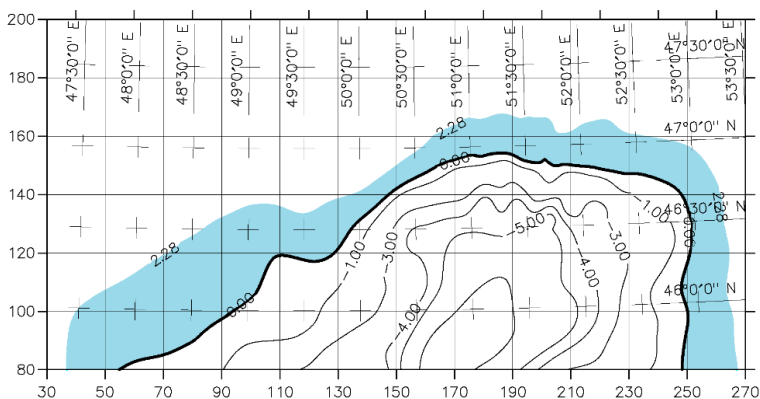
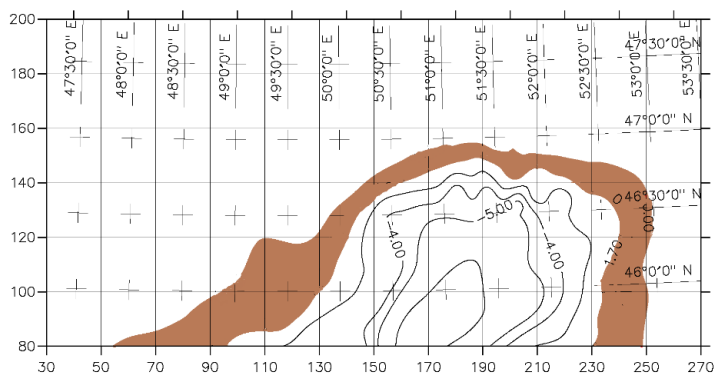


Рис. 6. Зоны затопления во время нагонных явлений 0,01%-ной обеспеченности при фоновом уровне моря равном минус 28 м.



*Рис. 7. Зоны осушки морского дна во время сгонных явлений 0,01%-ной обеспеченности при фоновом уровне моря равном минус 28 м.*

Таким образом, проведенные исследования показали, что опасность от сгонно-нагонных явлений сохраняется как в период подъёма, так и в период спада уровня. Однако, при низком стоянии уровня моря возрастает опасность от сгонных явлений.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Генеральный каталог уровня Каспийского моря [Электрон. ресурс]. – 2016. –URL: [http:// www.caspcom.com/index.php?razd=sess&lang=1&sess=17&podsess=61](http://www.caspcom.com/index.php?razd=sess&lang=1&sess=17&podsess=61) (дата обращения 14.08.2019 г.).
2. Ивкина Н.И. Ветровые нагоны морской воды, их моделирование и влияние на окружающую среду северо-восточного Каспия: Автореферат канд. диссертации / КазГУ им. С.М. Кирова.– Алматы, 1998.– 25с.
3. Ивкина Н.И., Соколова Л.М., Васенина Е.И., Галаева О.С. Каталог сгонно-нагонных явлений по данным казахстанских наблюдательных пунктов. Алматы: ИП Волкова Е.В., 2012. – 38 с.
4. Ивкина Н.И. Метод исследования и прогнозирования сгонно-нагонных явлений в казахстанской части Каспийского моря с учетом изменяющихся воднобалансовых характеристик // Изменения климата и водного баланса Каспийского региона: Тезисы докладов Междунар. науч. конф., Астрахань, Россия, 2010, С. – 22-23.
5. Ивкина Н.И., Терехов А.Г., Наурузбаева 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. – N 2. – С. 89-99.
6. Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря N 9 от 16 марта 2015г. [Электрон. ресурс]. – 2015. –



URL: [http://www.caspc.com/files/CASPCOM\\_bulletin9\\_1.pdf](http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin9_1.pdf) (дата обращения 27.06.2019 г.).

7. 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.
8. Косарев А.Н., Никонова Р.Е. Современные колебания уровня Каспийского моря: причины, последствия, тенденции // Вестник Каспия. – 2006. – № 4 (60). – С. 40-59.
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., Дуйсебаев Ж.Д. Проблема Каспия: колебания уровня моря и его прогноз // Геология Казахстана. –1996. – № 1. – С. 19-29.

Поступила 20.06.2019

Геогр. ғылым. канд.

Н.И. Ивкина  
Е.И. Васенина  
А.Ф. Елтай

## **КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ СОЛТҮСТІК-ШЫҒЫС БӨЛІГІНДЕГІ ҚАЗІРГІ ЖАҒДАЙДАҒЫ ЖЕЛШЕГЕРМЕ-ЖЕЛКӨТЕРМЕ ҚҰБЫЛЫСТАРЫ**

**Түйін сөздер:** желшегерме-желкөтерме құбылыстары, теңіз деңгейінің құбылуы, Каспий теңізі

*Мақалада әртүрлі кезеңдердегі Каспий теңізінің солтүстік-шығыс бөлігіндегі желшегерме-желкөтерме құбылыстарының сипаты қарастырылады. Соңғы 40 жылдағы Каспий теңізінің фондық деңгейінің көтерілуі мен түсуі аясында желшегерме-желкөтерме процестерінің даму ерекшеліктері зерттелген.*

N.I. Ivkina, E.I. Vassenina, A.G. Yeltay

## **STORM SURGES AT THE NORTHEASTERN PART OF THE CASPIAN SEA IN THE MODERN CONDITIONS**

**Key words:** storm surges, water level fluctuations, Caspian Sea

*The article examines the nature of the storm surges in the north-eastern part of the Caspian Sea over various periods. The peculiarities of the storm surges processes during the period of the rise and decline of the Caspian Sea background level over the last 40 years are investigated.*