

УДК 551.506.2:551.506.51(574)

**О ЛЕДОВОМ ПОКРОВЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ**

Канд. техн. наук      С.П. Шиварёва  
                                 Е.И. Васенина  
                                 Л.М. Соколова

*В статье рассмотрен ледовый режим казахстанской части Северного и Среднего Каспия за 1981...2001 гг. Представляет определенный интерес оценка ледообразования у побережья моря по продолжительности фаз ледового режима, числу дней со льдом и припаем в нормальные (средние по ледовитости) и экстремальные зимы, а также критерии суровости зим, определённые по зависимости площади льда от суммы отрицательных температур воздуха.*

Каспийское море омывает западную границу Казахстана, территории Атырауской и Мангистауской областей. В пределах республики находятся восточные части Северного и Среднего Каспия, различающиеся по рельефу дна и гидрологическим особенностям. Условная граница между Северным и Средним Каспием проходит по линии о. Чечень - м. Тюб-Караган. Северный Каспий, несмотря на свою обширную площадь (80 тыс. км<sup>2</sup>), из-за мелководности занимает всего 1 % общего объема воды, заполняющей Каспийскую впадину [4]. Восточная часть Северного Каспия является полузамкнутым, почти изолированным водоёмом, наиболее распространены глубины до 5м, берега низкие, равнинные, сильно изрезаны многочисленными заливами и озёрно-лагунными образованиями. Восточная часть Среднего Каспия – глубоководная (50...200м), с обрывистыми, абразионными берегами [2]. Здесь выделяется Казахский залив с бухтой Кендерли.

На Северном Каспии в суровые зимы устанавливается мощный, устойчивый труднопроходимый ледовый покров, отличающийся большой динамичностью. Он препятствует нормальному судоходству, способствует разрушению береговых гидротехнических сооружений. В прибрежных районах наиболее уязвимыми к воздействию льда оказываются мелкие суда рыболовецкого флота, осуществляющие осеннюю путину или подледный лов рыбы. Особо опасно раннее появление льда в годы с ранним и резким похолоданием (во второй половине октября), при штилевой пого-

де, на поверхности воды образуется тонкий прозрачный молодой лед – резун, толщиной 5...7 см. Под действием ветра поля резуна приходят в движение и как бритвой разрезают деревянные рыболовецкие суда. Дрейфующие льды создают серьёзную угрозу для судов, затрудняя их самостоятельное передвижение, а также угрожают морским нефтяным сооружениям. Не исключено отрицательное воздействие льда и в начале весенней пугины в годы интенсивного проникновения холодного арктического воздуха на акваторию Каспия в марте, что приводит к резкому переохлаждению водных масс. В каналах и фарватерах аварии судов чаще происходят при поперечных ветрах. Суда выжимаются дрейфующими ледяными полями на бровку и подвергаются сильному напору льда, что приводит к серьёзным авариям. Тяжёлая навигационная обстановка и опасные ледовые условия на Каспийском море складываются не только в суровые зимы, когда мощным неподвижным льдом покрывается как вся акватория Северного Каспия, так и восточное побережье Среднего Каспия, но и в умеренные зимы, когда толщина льда не превышает 10...15 см. В этом случае часто наблюдаются заторные явления, вызванные дрейфом льда вдоль границ припая на запад, что препятствует выносу речного льда. В результате образуются заторные перемычки мощностью 2...3 м, а в некоторых случаях лёд набивается до дна [1].

Значительное влияние ледового покрова, образующегося у берегов и в открытых районах Каспия, на работу различных отраслей хозяйственной деятельности, связанной с морем, диктует необходимость глубокого анализа ледовых условий.

#### **Климатическая характеристика холодного полугодия**

Климат восточной части Северного Каспия определяется особенностями географического положения региона, условиями атмосферной циркуляции, характером подстилающей поверхности и орографией берегов. Прилегающие прикаспийские степи и полупустыни также влияют на формирование климата этого района.

На климат прибрежных районов Каспийского моря влияют несколько типов воздушных масс: холодные арктические, влажные морские атлантические, сухие континентальные из Казахстана, тёплые тропические со Средиземного моря. Синоптические условия над акваторией Каспия формируются частой сменой воздушных масс. Резкие изменения атмосферного давления (10...20 гПа) наблюдаются при выходе глубокого циклона или при прохождении мощного антициклона [3].

В зимний период два крупных барических образования влияют на синоптические процессы в регионе - это центрально-азиатский максимум, один из гребней которого ориентирован на Каспий, и область низкого давления – исландский минимум.

Устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С, являющийся критерием смены сезонов, характерен только для Северного Каспия, а для казахстанской части Среднего Каспия в качестве признака начала и конца зимы принята дата перехода среднесуточной температуры воздуха через 5 °С. На северном побережье устойчивый переход температуры воздуха через 0 °С осенью происходит, в среднем, во второй половине ноября, а в его центральных районах, в открытой части, этот переход обычно наблюдается в середине декабря. Зима на северо-востоке начинается в среднем 10 ноября ... 1 декабря, у п-ова Мангышлак – 10 ноября ... 2 декабря, а на побережье Среднего Каспия – 10...20 декабря. Продолжительность зимнего сезона уменьшается с севера на юг (от 5 месяцев до 1,5...2 месяцев). Наиболее холодный месяц для районов восточных мелководий – январь, а в открытом море – февраль, что характерно для морского климата. В январе многолетняя среднемесячная температура воздуха в восточной части Северного Каспия у побережья равна – 8 °С, увеличиваясь на западе до – 2 °С. У восточного побережья Среднего Каспия она составляет от – 0,5 до 0 °С.

Весна и осень имеют продолжительность 3...3,5 месяца, у северо-восточного побережья она для этих сезонов составляет 1,5...2,5 месяца. С марта по июль температура воздуха повышается равномерно. Осенью охлаждение воздуха происходит более интенсивно, чем прогрев, над сушей воздух охлаждается быстрее, чем над морем. В октябре среднемесячная температура воздуха в северо-восточной части моря составляет от 8 °С над взморьем р. Урал и до 13 °С в районе о. Кулалы. У восточного побережья Среднего Каспия она равна 14 °С.

Зимние месяцы отличаются наименьшими суточными изменениями температуры воздуха. В суточном ходе температуры воздуха наблюдается один максимум и один минимум. Максимум отмечается в 13...14 ч дня. Минимум суточной температуры воздуха у побережья зимой приходится на 6 ...7 ч утра, весной - 4 ...5 ч утра, осенью – на 5...6 ч утра. С удалением от берега в море минимум температуры наступает раньше и держится дольше. По среднесуточным данным показатель смены погоды - межсуточная изменчивость температуры воздуха зимой больше, чем летом [1].

### Ледовый режим

Каспийское море относится к морям с сезонным ледовым покровом и отличается большой неоднородностью развития ледовых процессов из-за различных климатических условий в разных частях моря.

По характеру развития ледовых процессов казахстанская часть Каспийского моря подразделяется на несколько районов: акватория, находящаяся северо-восточнее о. Кулалы, ежегодно покрываемая устойчивым льдом с припаем, затрудняющим навигацию без проводки ледоколов; акватория, практически ежегодно покрываемая плавучим или неустойчивым неподвижным льдом, позволяющим поддерживать ледокольную навигацию; а также прибрежные районы, бухты и заливы восточного побережья Среднего Каспия, включая мелководный Казахский залив, где наблюдается образование местного льда или поступление из Северного Каспия более мощного плавучего льда. Каспийское море ежегодно замерзает только в мелководной северной части. Глубокие районы Среднего Каспия всегда свободны ото льда.

В зависимости от особенностей атмосферных процессов, развивающихся над морем, степени аномалий термических условий в предзимье и зимой, на Каспийском море формируется своеобразная для каждого года ледовая обстановка. Ледовый период в Каспийском море охватывает три естественно-синоптических сезона: осень (предзимье), с октября по декабрь; зиму - с января по март и весну - с конца марта по май.

В начальный период развития ледового покрова быстрое перемещение границы молодого льда, увеличение площади и толщины припая обуславливаются термическими факторами. Начало ледообразования (табл. 1) и границы распространения льдов определяются, главным образом, синоптическими процессами и, в некоторой степени, притоком тепла из средней части моря.

В холодные зимы первое появление льда происходит в крайней северо-восточной части моря в начале ноября. К концу ноября ледообразование быстро распространяется по акватории, охватывая северо-восточное побережье, включая взморье Волги и Урала. В первой декаде декабря лёд появляется во всех мелководных районах Северного Каспия, ограниченных трёхметровыми глубинами. К концу декабря ледообразование распространяется в более мористые районы, но здесь процесс протекает медленнее из-за больших глубин и подтока более тёплых вод. В это время лёд появляется на большей части Уральской бороздины, в районе архипелага

Тюленьих островов, вдоль западного побережья о. Кулалы, в Тюб-Караганском заливе, а также в некоторых бухтах и заливах восточного побережья Среднего Каспия.

Таблица 1

Сроки первого появления льда в казахстанской части Каспийского моря, 1981...2001 гг.

Пункт	Даты начала ледообразования		
	ранняя	поздняя	средняя
Северный Каспий			
о. Пешной	6.11.1988	25.01.1983	28.11
о. Кулалы	14.11.1993	28.01.2000	21.12
Средний Каспий			
г. Форт-Шевченко	3.12.1993	6.03.1983	20.01
г. Актау	28.11.1993	15.02.1984	19.01

В нормальные по термическим условиям предзимья процесс ледообразования в Северном Каспии начинается с мелководных прибрежных участков во второй половине ноября. К концу ноября неподвижным льдом покрывается все мелководье, ограниченное 3-х метровой изобатой, а с третьей декады декабря неподвижный лёд образуется у о. Кулалы. В январе ледяной покров появляется в открытом море, льдом покрывается южная часть Уральской бороздины и южные районы Северного Каспия. В тёплые зимы первый лёд может образоваться только в конце января на взморье р. Урал.

Ежегодно вдоль северо-восточного побережья образуется морской лёд, прикрепленный к берегу - припай (табл.2).

Таблица 2

Формирование устойчивого припая, 1981...2001 гг.

Пункт	Даты установления устойчивого припая		
	средняя	ранняя	поздняя
Северный Каспий			
о. Пешной	3.12	14.11.1993	20.12.1981
о. Кулалы	22.01	1.12.1993	6.02.1985
Средний Каспий			
г. Форт-Шевченко	15.01	8.12.1993	17.02.1993
г. Актау	не было	-	-

Даже в очень мягкие зимы северные и северо-восточные берега Северного Каспия блокированы припаем и плавучим льдом. Площадь, занимаемая плавучим льдом, невелика. Обычно полоса плавучего льда ши-

риной 10...20 миль окаймляет границы припая [1]. Однако, на протяжении всего зимнего сезона льды неустойчивы. Молодой лед раннего ледообразования в октябре быстро разрушается с повышением температуры воздуха в периоды оттепелей, а также под действием ветра и волнения. Повторное образование более устойчивого ледового покрова происходит через 15...30 дней после первого очищения. В такие зимы ледовый покров в конце декабря охватывает почти все прибрежные и мористые районы Северного Каспия. В январе продолжается распространение ледового покрова в глубоководные районы моря, но интенсивность его приращения, по сравнению с декабрем, снижается. Отмеченное ослабление объясняется выходом процесса ледообразования на открытые участки моря, где он определяется не только контактным теплообменом на границе вода – воздух, но и влиянием более свободного внутриводного теплообмена с прогретыми глубинными водными массами Среднего Каспия.

В годы с кратковременными заторами холодного воздуха на акваторию моря и чередованием в течение предзимья и зимы волн холода и потеплений наблюдаются неоднократные появления и исчезновения льда, а, следовательно, и резкие колебания его площади. Примером ледовых сезонов с неустойчивым состоянием ледового покрова служат аномально теплые зимы 1997...98, 1998...99, 1999...2000, 2000...01 гг. Как правило, в такие годы площадь плавучего льда оказывается больше площади припая на протяжении всего ледового сезона [1]. Плавучий лёд наиболее распространён в марте-апреле при общем взломе припая. При вторжениях теплого воздуха дрейфующий лёд может частично таять, а в промежутке между датами первого появления льда и устойчивого ледообразования может исчезать полностью. При заторах холодного воздуха идёт усиленное ледообразование. В умеренные и мягкие зимы первый молодой лёд тает в первую же оттепель, затем образуется вновь и этот процесс может повторяться неоднократно: в умеренные зимы бывает 2...3 повторных замерзания, а в мягкие – от 4 до 10 раз и более.

Средняя многолетняя толщина льда в Северном Каспии изменяется от 25...30 до 60 см, в суровые зимы в отдельных районах она может достигать 130 см, а для наслоенных льдов её величина составляет 2...3 м [2]. Максимальная толщина льда обычно наблюдается в феврале, однако в зависимости от гидрометеорологических условий зимы в отдельные годы максимум смещается в сторону более ранних или поздних сроков. Вероятность ранних

максимумов не превышает 6,9...8,7 %. В тёплую зиму 2000...2001 гг. максимальная толщина льда, равная 23 см, наблюдалась у о. Пешной 10 декабря.

Во второй половине ледового сезона усиливается влияние на ледовый покров динамических факторов, обуславливающих взлом припая, сжатие и разрежение льда, а также процессы наслоения и торосообразования. В таких случаях нарушается связь площади льда с термическими условиями. Резкое уменьшение площадей припая и плавучего льда происходит даже при сильных морозах, сопровождаемых штормовыми ветрами, вследствие наслоений и образования торосов.

При среднемноголетних гидрометеорологических условиях со второй половины февраля начинается разрушение льда. Сначала освобождаются открытые районы северного Каспия, затем его северо-восток. В конце марта – начале апреля море окончательно освобождается ото льда (табл.3).

Таблица 3

Окончательное очищение моря ото льда, 1981...2001 гг.

Пункт	Даты установления устойчивого припая		
	средняя	ранняя	поздняя
	Северный Каспий		
о. Пешной	25.03	1.03.1999	5.04.1987
о. Кулалы	15.02	25.01.1995	1.04.1985
	Средний Каспий		
г. Форт-Шевченко	27.02	6.02.1996	9.03.1994
г. Актау	19.02	18.02.1984	19.02.1994

Ледовитость Каспийского моря в различные по термическим условиям холодные полугодия определяется не только площадью и объемом образовавшегося льда, но и особенностями его развития: границами распространения ледового покрова, преобладанием тех или иных форм и возрастных видов льда, устойчивостью его распределения по акватории и сохранением во времени.

Площадь припая, как и общая площадь льда, характеризуется явно выраженной сезонной изменчивостью с максимумом в середине зимы. Закономерного распределения площади плавучего льда в течение ледового сезона не наблюдается. В умеренные зимы к концу декабря общая площадь льда составляет в среднем около 57 000 км<sup>2</sup>, при этом 80...90 % ее занимает припай [1]. Временная изменчивость общей площади льда в течение ледового сезона (от начала ледообразования до максимального развития льда и периода разрушения) для характерных в ледовом отношении зим отражена на рис. 1.

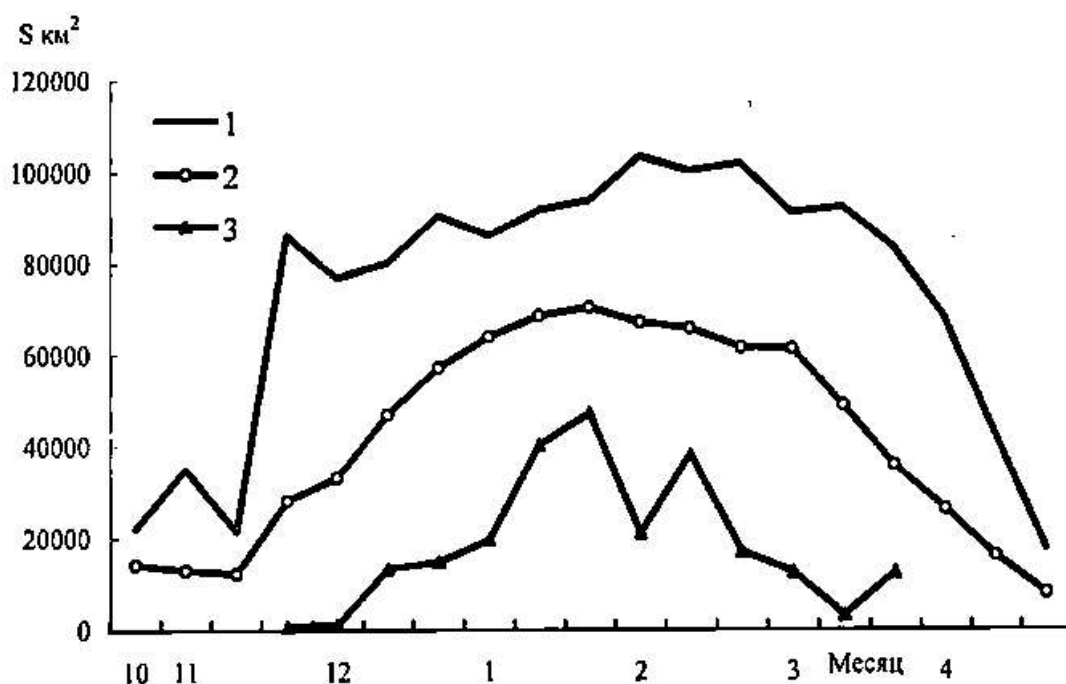


Рис. 1. Общая площадь льда в Северном Каспии за 1950-1985 гг.:  
1 - максимальная; 2 - средняя; 3 - минимальная.

Характер ледовых условий каждой зимы, изменение общей площади льда в течение ледового сезона определяются действием двух факторов – термического и динамического. Существенные коррективы в состоянии ледового покрова вносит динамический фактор (ветер, волнение, течение). Под воздействием ветра совершается взлом неподвижного льда, в результате чего резко уменьшается площадь припая и увеличивается площадь плавучего льда. Преобладающим является термический фактор, обуславливающий в периоды резких или длительных похолоданий распространение процессов ледообразования по акватории моря, а также ослабление (в середине зимы) или разрушение (в конце зимы) ледового покрова при значительных и устойчивых оттепелях, увеличение площади и толщины припая.

Числовым показателем термических условий служит сумма градусо-суток мороза за холодное полугодие с октября по март. По данным табл. 4, включающей в себя общую площадь льда, заимствованную из [1], и сумму отрицательных температур воздуха, осреднённую по четырём метеостанциям Казгидромета (Ганюшкино, Пешной, Кулалы, Форт-Шевченко), была построена зависимость общей площади льда от этого показателя (рис. 2), которая оказалась явно выраженной ( $R = 0,88$ ).



Таблица 4

Общая площадь льда на Северном Каспии в зимы с малой и большой ледовитостью моря

Зима	Сумма отрицательных температур воздуха, °С	Общая площадь льда, км <sup>2</sup>
1950...51	-1037,4	97050
1953...54	-1592,9	103573
1954...55	-551,6	82185
1957...58	-130,5	66340
1960...61	-248,9	70580
1961...62	-261,6	69790
1963...64	-607,5	98660
1966...67	-624,3	98650
1968...69	-1079,6	99838
1971...72	-926,3	95140
1974...75	-306,8	72360
1976...77	-728,4	91500
1980...81	-241,4	69920
1982...83	-259,2	73700

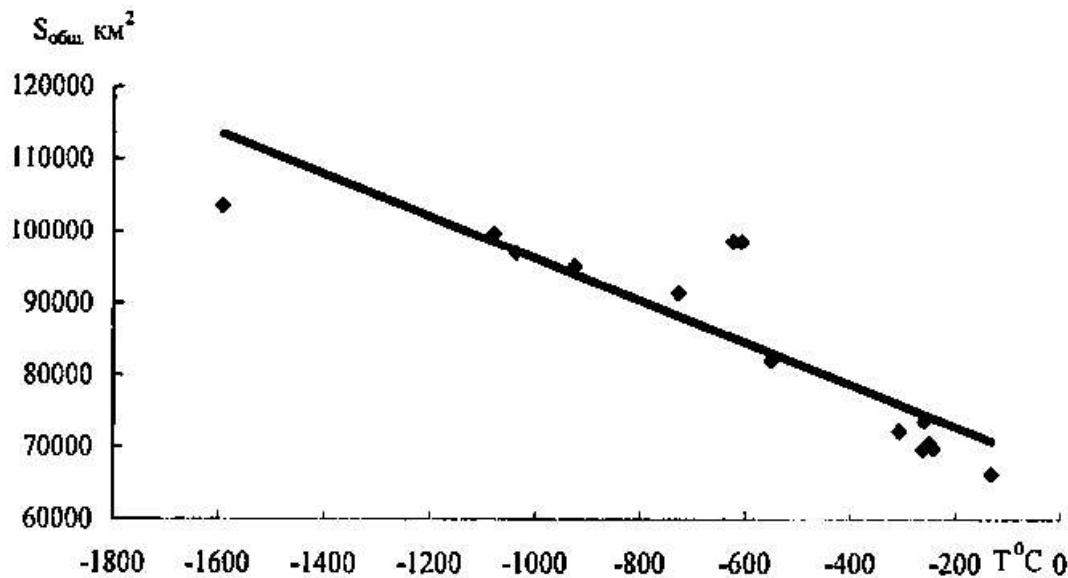


Рис. 2. Зависимость общей площади льда на Северном Каспии от суммы отрицательных температур воздуха.

Эта зависимость позволила найти критерии суровости зим по сумме отрицательных температур воздуха (табл. 5). Как показывает рис. 2, на тёплые зимы приходится сумма температур меньше минус 400 °С. В умеренные зимы сумма отрицательных температур больше минус 401 °С, но меньше минус 800 °С. В холодные зимы эта сумма превышает минус 801 °С.

## Типы зим, 1990...2001 гг.

Зима	Сумма отрицательных температур воздуха, °С	Общая площадь льда, км <sup>2</sup>	Тип зимы
1990...91	-363	77662	Тёплая
1991...92	-324	76528	Тёплая
1992...93	-385	78303	Тёплая
1993...94	-807	90582	Холодная
1994...95	-280	75247	Тёплая
1995...96	-452	80252	Умеренная
1996...97	-395	78594	Тёплая
1997...98	-217	73414	Тёплая
1998...99	-212	73269	Тёплая
1999...00	-116	70475	Тёплая
2000...01	-196	72803	Тёплая

В табл.5 приведены величины общей площади льда ( $S$ ), определённые по формуле, приведенной ниже, с учётом суммы отрицательных температур воздуха ( $x$ ) для периода, когда отсутствовали наблюдения за площадью льда (1990...2001 гг.),

$$S = 29,098x + 67100.$$

Оказалось, что за этот период только одну зиму 1993...94 гг. можно характеризовать как холодную и одну – 1995...96 гг., как умеренную, а остальные зимы были теплыми. Имея долгосрочный прогноз температуры воздуха по указанным станциям, можно по вышеуказанной зависимости дать долгосрочный прогноз ледовитости Северного Каспия, что представляет практический интерес для специалистов, особенно в условиях плохой освещённости данными о ледовой ситуации на море.

По продолжительности фаз ледового периода, числу дней со льдом и с припаем в нормальные (средние по ледовитости) и экстремальные зимы (табл. 6) была сделана оценка ледовых условий у побережья моря.

В средние по суровости зимы ледовый покров в Северном Каспии сохраняется 3...4 месяца. В аномально холодные зимы (1984...85гг., 1993...94 гг.) ледовый сезон увеличивается до 4...6 месяцев, в аномально теплые зимы ледовый покров на большей части акватории Северного Каспия сохраняется менее 2...3 месяцев (1996...97 гг.).

У побережья Среднего Каспия в умеренные зимы местный лед наблюдается около месяца. В аномально холодные зимы лёд сохраняется 2...3 месяца и более. В теплые зимы ледовый период длится не более месяца.

Таблица 6

Многолетние характеристики продолжительности ледовых явлений

Продолжительность ледового периода, сутки			Число дней со льдом			Число дней с припаем		
сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.	сред.	макс.	мин.
о. Пешной								
139	202	76	125	178	76	111	150	0
о. Кулалы								
94	151	3	67	132	3	34	132	2
г. Форт-Шевченко								
72	120	0	60	118	0	44	113	0
г. Актау								
34	83	0	16	41	0	5	34	0

Число дней со льдом несколько меньше продолжительности ледового периода при любом типе ледового сезона. Число дней с припаем в Северном Каспии не превышает 3...5 месяцев, к югу оно последовательно уменьшается. В экстремально холодные зимы припай может сохраняться до 4...5 месяцев. В аномально теплые зимы припай наблюдается лишь на мелководной северо-восточной части Северного Каспия не более 2...4 месяцев.

Существование льдов в северной части Каспийского моря в течение почти полугода значительно сказывается на его гидрологических условиях. Кромка льда служит определённой фронтальной зоной, для которой характерна резкая горизонтальная изменчивость гидрометеорологических характеристик. В прикромочной зоне мелководного Северного Каспия и в районе "свала глубин" поверхностные воды охлаждаются вплоть до температуры замерзания, что значительно увеличивает их плотность. В результате конвективного перемешивания эти воды высокой плотности достигают дна на северном склоне северо-каспийской впадины и начинают сползать по склону, усиливая зимнюю циркуляцию.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрология и гидрохимия морей, Т.IV. Каспийское море, вып. 1. Гидрометеорологические условия. –СПб: Гидрометеониздат. – 1992. – 359с.
2. Добровольский А.Д., Залогин. Б.С. Моря СССР. – Москва: Изд-во МГУ, 1982.- С. 18-31.
3. Кац А.Л. Сезонные изменения общей циркуляции атмосферы и долгосрочные прогнозы погоды. – Л.: Гидрометеониздат, 1960. – 270 с.

4. Каспийское море / Под ред. А.Д. Добровольского, А.Н. Косарева, О.Е. Леонтьева.– Москва: Изд-во МГУ, 1969. – 263с.

Научно-производственный Гидрометцентр РГП “Казгидромет”

## КАСПИЙ ТЕҢІЗІНІҢ МҰЗ ЖАМЫЛҒЫСЫ ТУРАЛЫ

Техн. ғылымд. канд.

С..П. Шиварева

Е..И. Васенина

Л..М. Соколова

*Мақалада Солтүстік және Орта Каспийдің қазақстандық бөлігінің 1981...2001 жж. аралығындағы мұздану тәртібі қарастырылған. Теңіз жағалауы маңындағы мұздың пайда болуын мұздану тәртібі кезеңдерінің ұзақтығы, дұрыс (мұздануы бойынша орташа) және экстремалды қыстардағы мұзды және мұздың жағалауға қабысуы күндерінің саны, бойынша бағалау, сонымен қатар мұз ауданының төменгі ауа температураларына байланысы бойынша анықталған қыстың қатулығы өлшемдері қызығушылық тудырады.*