

СВОДНЫЙ ЕЖЕГОДНЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ КАСПИЙСКОГО РЕГИОНА

за 2021 год

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

1.1 Для подготовки Бюллетеня использованы материалы наблюдений прибрежных и устьевых гидрометеорологических станций/постов по следующим характеристикам (параметрам):

Пункт наблюдений	Температура воздуха	Атмосферные осадки	Сток	Уровень моря	Температура воды
<i>Российская Федерация</i>					
Дербент	+	+		-	+
Изберг	+	+		-	+
Махачкала	+	+		+	+
о. Тюлений	+	—		+	+
Лагань	—	—		+	+
Волга, г/с Верхнелебяжье			+		
р.Терек, Каргалинский гидроузел			+		
р. Сулак, пгт Сулак			+		

1.2. Для подготовки Бюллетеня по Российскому сектору Каспийского моря использованы данные Росгидромета.

2. МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

2.1 ТЕМПЕРАТУРА ВОЗДУХА

2.1.1 Режим температуры воздуха в 2021 году

2021 год по данным метеостанций расположенных на Российском побережье Каспийского моря был аномально теплым. Среднегодовые температуры воздуха составили +13,5...+14,8°C, что на 1,3...2,0°C выше нормы, значения аномалий в 2-3 раза были выше стандартного отклонения.

Температуры воздуха зимнего, весеннего и летнего сезонов значительно превышали норму: в зимний сезон на 1,2-1,6°C; в весенний период на 1,6-2,0°C, причем аномалии весной по метеостанциям Изберг и Дербент превышали значения среднеквадратического отклонения в два раза; положительные аномалии летних температур составили 2,3-3,3°C, что в 2,3-4,7 раза выше стандартного отклонения. Лето

2021 года в Дербенте стало самым жарким за столетнюю историю метеонаблюдений. Средняя температура воздуха составила +26,8°C, что выше нормы на 3,3°C, второе место занимает лето 2010 года с температурой +26,5°C. Для Изберга, Махачкалы и о.Тюлений самым жарким остается лето 2010 г. Аномалии температуры осеннего сезона были в диапазоне от -0,3 до +0,6°C и не превышали значения среднеквадратического отклонения (табл. 2.1.1).

Таблица 2.1.1 – Характеристики средней годовой и сезонной температуры воздуха по данным пунктов наблюдений Каспийского региона в 2021 г.: *T* – текущее значение температуры воздуха; *vT* – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., °C; *s* – среднеквадратическое отклонение в °C за период 1961-1990 гг.

Страна/название наблюдательного пункта	Год			Зима			Весна			Лето			Осень		
	T	vT	s	T	vT	s	T	vT	s	T	vT	s	T	vT	s
Российский сектор															
Дербент	14,8	2,0	±0,7	4,4	1,5	±1,3	12,3	2,0	±0,9	26,8	3,3	±0,7	14,9	0,6	±0,9
Изберг	13,7	1,5	±0,6	3,5	1,2	±1,0	11,3	1,8	±0,9	25,6	2,3	±1,0	14,0	0,2	±0,8
Махачкала	13,5	1,3	±0,7	2,8	1,3	±1,7	11,9	1,6	±1,1	25,7	2,3	±0,7	13,3	-0,3	±0,9
о. Тюлений	13,6	1,8	±0,9	1,2	1,6	±1,7	12,1	1,7	±1,2	27,2	3,0	±0,8	12,8	-0,3	±1,0

В таблице 2.1.2 представлены ранги самых теплых лет на **Российском побережье** Каспийского моря и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха.

Таблица 2.1.2 – Ранги самых теплых /или холодных/ лет на Российском побережье Каспийского моря и соответствующие аномалии среднегодовой температуры приземного воздуха (в °C): *R* – ранг текущих значений в ряду, упорядоченном по убыванию для положительных аномалий и по возрастанию – для отрицательных (показаны только 5 первых рангов); период для расчета рангов: весь период наблюдений

R	Год	Ср.год .темп.	Ано-малия	Год	Ср.год .темп.	Ано-малия	Год	Ср.год .темп.	Ано-малия	Год	Ср.год .темп.	Ано-малия
Российский сектор												
МС Дербент				МС Изберг			МС Махачкала			МС о. Тюлений		
1	2019	15,0	2,3	2010	14,1	1,9	1966	13,9	1,7	2010 2020	13,8	2,0
2	2021 2020 2018	14,8	2,1	2019	13,8	1,6	2010	13,8	1,6	2019	13,7	1,9
3	2010	14,7	2,0	2021 2020 2018	13,7	1,5	2020 2019	13,7	1,5	2021	13,6	1,8
4	2015	14,5	1,8	2015 2005	13,5	1,3	2018	13,6	1,4	2004 1966	13,4	1,6
5	2017	14,4	1,7	2012	13,4	1,2	2021 1981	13,5	1,3	2007 2005	13,3	1,5

По данным Дербента 2021 г., вместе с 2020 и 2018 гг. (+14,8°C) занимают второе место, а самым теплым с начала регулярных инструментальных наблюдений за температурой воздуха (1922 г.) остается 2019 год (+15,0°C), что на 2,3°C выше нормы. В

Изберге, по-прежнему самым теплым остается 2010 г. со средней годовой температурой +14,1°C, а 2021 г. вместе с 2020 и 2018 гг. в ранжированном ряду наблюдений (от наиболее теплого года к наиболее холодному) заняли третье место. На о. Тюлений самыми теплыми стали 2020 и 2010 г. со средней температурой +13,8°C, 2021 г. (+13,6°C) занимает третье место. По данным Махачкалы 2021 г. вместе с 1981 г. в ранжированном ряду наблюдений (от наиболее теплого года к наиболее холодному) занимают пятое место.

В таблице 2.1.3 представлены рекорды максимальной средней месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений **Российского сектора** в 2021 г.

На станции Махачкала средняя месячная температура в апреле повторила апрельские месячные рекорды 2016, 2012 и 1983 гг. (+12,7°C), предыдущий рекорд отмечен в 2000 г. (+12,6°C).

На всех станциях были обновлены рекорды средней месячной температуры августа, установленные ранее: в 2014 г. на станциях западного побережья Среднего Каспия и в 2010, 2014 гг. на островной станции Тюлений.

Таблица 2.1.3 – Абсолютный максимумы/минимумы средней месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Месяц	Значение абсолютного максимума 2021 года	Значение предыдущего максимума и год	Значение абсолютного минимума 2021 года	Значение предыдущего минимума и год
Российский сектор					
Дербент	август	28,5	28,1 (2014)		
Изберг	август	27,4	27,1 (2014)		
Махачкала	апрель	12,7	12,6 (2000)		
	август	27,9	27,1 (2014)		
о. Тюлений	август	28,5	27,8 (2014, 2010)		

В таблице 2.1.4 представлены рекорды максимальной месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений **Российского сектора** в 2021 г.

В мае 2021 года перекрыт максимум температуры воздуха в Дербенте. 22 мая максимальная температура воздуха составила +32,5°C, предыдущий максимум отмечен 30 мая 2019 г. (+31,6°C).

В июне 2021 г. установлен рекорд максимальной месячной температуры воздуха и на о. Тюлений. Максимальная температура в июне составила +35,8°C, предыдущий максимум отмечен 23 июня 2015 г. (+35,4°C).

Таблица 2.1.4 – Рекорды максимальной месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Число	Месяц	Температура воздуха, °C	Предыдущий рекорд, °C	Дата предыдущего рекорда
Российский сектор					
Дербент	22	май	32,5	31,6	30 мая 2019
о. Тюлений	28	июнь	35,8	35,4	23 июня 2015

В таблице 2.1.5 представлены рекорды минимальной месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений *Российского сектора* Каспийского моря в 2021 г.

13 марта перекрыто значение минимальной месячной температуры воздуха в Изберге. Минимальная температура составила -7,3°C, предыдущий минимум отмечен 12 марта 2012 г. (-7,2°C).

Таблица 2.1.5 – Рекорды минимальной месячной температуры воздуха (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Число	Месяц	Температура воздуха, °C	Предыдущий рекорд, °C	Дата предыдущего рекорда
Российский сектор					
Изберг	13	март	-7,3	-7,2	12 марта 2012

2.1.2 Тенденции в режиме температуры воздуха

В таблице 2.1.6 представлены оценки линейного тренда средних годовых и сезонных температур воздуха в пунктах наблюдений *Российского сектора* Каспийского региона за период 1976–2021 гг.

Таблица 2.1.6 – Оценки линейного тренда средних годовых и сезонных температур воздуха в пунктах наблюдений Каспийского региона за период 1976–2021 гг.: *a* – коэффициент линейного тренда (°C/10 лет); *D* – коэффициент детерминации (%). Жирным шрифтом выделены значения тренда, незначимые на уровне 5%

Страна/название наблюдательного пункта	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a	D	a	D	a	D	a	D	a	D
Российский сектор										
Дербент	0,54	0,66	0,44	0,24	0,52	0,49	0,70	0,63	0,55	0,34
Изберг	0,39	0,44	0,32	0,11	0,49	0,44	0,48	0,36	0,35	0,15
Махачкала	0,28	0,20	0,31	0,08	0,34	0,21	0,41	0,28	0,30	0,10
о. Тюлений	0,36	0,40	0,28	0,06	0,46	0,31	0,56	0,50	0,38	0,20

По данным всех метеостанций российского побережья наблюдается повышение средних сезонных температур. Скорость повышения варьирует от 0,28 до 0,70°C/10 лет. Рост температуры как за год, так и в отдельные сезоны статистически значимый на всех станциях, за исключением зимних температур на станции о. Тюлений. Среднегодовые температуры повышались в среднем на 0,28-0,54°C каждые 10 лет, повышение статистически значимое.

2.2. АТМОСФЕРНЫЕ ОСАДКИ

2.2.1 Режим атмосферных осадков в 2021 году

В таблице 2.2.1 представлены характеристики годовых и сезонных сумм осадков в 2021 гг.

По режиму увлажнения 2021 г. по данным станций расположенных в *Российском секторе* Каспийского моря был неоднородным. В Изберге и в Дербенте, осадков выпало больше нормы. Годовая сумма осадков составила: 363,2 мм (133 % нормы) в Изберге; 485,6 мм (130 %) в Дербенте. В Махачкале годовая сумма осадков составила 343,8 мм, что в пределах нормы (101 %). На островной станции Тюлений годовая сумма осадков составила 167,2 мм (86 % нормы).

В зимний сезон количество осадков составило 152-163 % нормы. Исключительно дождливым был декабрь 2020 г. Месячная сумма осадков в этом месяце составила 24,5...112,3 мм (167...328 % нормы). В январе и в феврале наблюдался дефицит осадков, месячная сумма осадков составила 5,2-30,7 мм (24-86 % нормы).

Количество осадков за весенний сезон составило 93-130 % нормы на западном побережье Среднего Каспия и всего 38 % на о.Тюлений. Существенное превышение месячных сумм осадков над нормами наблюдались в марте: 159 % в Изберге и 276 % в Дербенте. В апреле повсеместно отмечен значительный дефицит осадков (15-35 % нормы).

Значительный дефицит осадков наблюдался в летние месяцы: июнь и август. Месячная сумма осадков в июне составила 70-74 % от нормы, исключительно сухим был август (3-14 % от нормы). На острове Тюлений в августе осадков не было совсем. В итоге сезонное количество осадков от нормы составило: 51,1 % в Махачкале; 54,6 % в Изберге; 65,3 % в Дербенте; 91,6 % на о.Тюлений.

Существенные превышения месячных сумм осадков над нормами, наблюдались в сентябре (126-196 % нормы) и в октябре (150-449 % нормы). В ноябре наблюдался большой дефицит осадков (9-45 % нормы). Сезонное количество осадков составило: 116-228 %.

Таблица 2.2.1 – Характеристики годовых и сезонных сумм осадков в 2021 гг.: *R* – сумма осадков в мм; *RR* – отношение текущего значения к норме за 1961 - 1990 гг. в %

Страна/название наблюдательного пункта	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	R	RR	R	RR	R	RR	R	RR	R	RR
<i>Российский сектор</i>										
Дербент	485,6	130,0	165,5	156,4	99,5	130,5	40,4	65,3	243,4	183,0
Изберг	363,2	132,9	100,1	163,4	59,7	108,8	33,3	54,6	221,0	228,0
Махачкала	343,8	101,4	123,4	151,6	64,1	93,0	39,0	51,1	177,2	158,4
о. Тюлений	167,2	86,2	61,6	152,2	23,5	38,3	37,5	91,6	59,8	116,0

В таблице 2.2.2 представлены абсолютные минимумы месячного количества осадков (мм), зафиксированные в пунктах наблюдений ***Российского сектора*** Каспийского региона в 2021 г.

Август 2021 г. по данным о.Тюлений вместе с августом 1983 и 1979 гг. находится на первом месте в списке самых сухих за период наблюдений 1959-2021 гг. Второе место с месячной суммой осадков 0,1 мм занимает август 2002, 2005 и 2006 гг.

Таблица 2.2.2 – Абсолютный максимум/минимум месячного количества осадков (мм), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Абсолютный максимум 2021 года		Предыдущий максимум		Абсолютный минимум 2021 года		Предыдущий минимум	
	значение	дата	значение	дата	значение	дата	значение	дата
<i>Российский сектор</i>								
о. Тюлений					0,0	август	0,1	август (2006, 2005, 2002)

2.2.2 Тенденции в режиме осадков

В таблице 2.2.3 представлены оценки линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков в пунктах наблюдений расположенных в ***Российском секторе*** Каспийского моря за период 1976-2021 гг.

На российской территории прослеживается как уменьшение так и увеличение сезонных сумм осадков, но статистически незначимое. Скорость изменения сумм осадков варьирует от -7,4 до 17,2 мм/10 лет. В зимний период наблюдается увеличение сумм осадков, в летний период – снижение. При этом увеличение сумм осадков гораздо более выражено, чем уменьшение.

Таблица 2.2.3 – Оценки линейного тренда годовых и сезонных сумм осадков в пунктах наблюдений Каспийского региона за период 1976–2021 гг.: *a* – коэффициент линейного тренда (мм/10 лет); *D* – коэффициент детерминации (%). Жирным шрифтом выделены значения тренда, незначимые на уровне 5%

Страна/название наблюдательного пункта	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>D</i>	<i>a</i>	<i>D</i>
<i>Российский сектор</i>										
Дербент	17,2	0,06	8,4	0,06	-1,9	0,01	-1,1	0,00	12,4	0,05
Изберг	13,1	0,08	4,4	0,02	0,3	0,00	-0,8	0,00	9,8	0,04
Махачкала	9,1	0,02	8,2	0,07	-0,3	0,00	-3,8	0,02	5,7	0,01
о. Тюлений	-7,4	0,04	2,6	0,06	-4,2	0,04	-0,9	0,00	-4,4	0,04

3. ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ

3.1. СТОК РЕК В КАСПИЙСКОЕ МОРЕ

3.1.1 Сток Волги

Волга – река в Европейской части России, одна из крупнейших рек земного шара и самая большая в Европе. Длина 3530 км (до постройки водохранилищ 3690 км). Волга берет начало на Валдайской возвышенности на высоте 228 м и впадает в Каспийское море. Устье лежит на 28 м ниже уровня океана. Основное питание Волги осуществляется снеговыми (60 % годового стока), грунтовыми (30 %) и дождевыми (10 %) водами.

В многолетних колебаниях стока Волги выделяют несколько периодов: 1942-1955 гг. – период условно-естественного стока Волги; 1956-1960 гг. – период заполнения крупных водохранилищ Волжско-Камского каскада; с 1962 г. по настоящее время период зарегулированного стока. В вершине дельты средний многолетний сток р. Волги в период условно-естественного стока составил 240 км³, в период заполнения крупных водохранилищ – 234 км³, за период зарегулированного стока – 242 км³.

В свою очередь, в пределах зарегулированного режима стока выделяют фазы с водностью ниже средней 1961-1970 гг. ($W=228$ км³), маловодную фазу 1971-1977 гг. ($W=202$ км³), многоводную фазу 1978-1995 гг. ($W=267$ км³) и фазу с водностью близкой к средней 1996-2021 гг. ($W=239$ км³).

За инструментальный период наблюдений максимум годового объема стока составил 333 км³ (1994 г.), минимум – 166 км³ (1975 г.)

Основная часть речного стока приходится на период половодья. В условиях естественного стока доля стока весеннего половодья составляла 60 % годового стока, в современных условиях – 37 %. Зарегулирование волжского стока привело не только к

сокращению объема весеннего половодья, но и к увеличению зимних расходов воды. Изменились основные характеристики весенне-летнего половодья: максимальные расходы половодья снизились, пик половодья в зарегулированных условиях наблюдается на 20 дней раньше, чем в естественных условиях. Продолжительность половодья сократилась со 109 дней в период естественного режима до 74 дней в зарегулированных условиях, основное сокращение произошло на фазе подъема половодья – его продолжительность уменьшилась на 22 дня.

В 2021 году годовой сток Волги по данным г/с Верхнелебяжье составил 208 км³ (норма 242 км³). Характерной особенностью водного режима в 2021 г. были низкие расходы в течение всего года, и только в мае среднемесячный расход воды был в пределах средней многолетней нормы. Наибольшее отрицательное отклонение приходилось на февраль (K=0,7) (таблица 3.1.1).

Таблица 3.1.1 – Сток воды в вершине дельты Волги (м³/с) и модульные коэффициенты за январь-декабрь 2021 г.

Характеристика	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q ср. 2021 г.	5280	4510	5230	6620	17700	10900	5120	5100	4840	4630	4640	4700	6605
Q ср. мног. 1962-2020 гг.	5693	6061	6619	7921	17781	12144	6665	5904	5583	5495	5732	6135	7683
K 2021 г.	0,9	0,7	0,8	0,8	1,0	0,9	0,8	0,9	0,9	0,8	0,8	0,8	0,9
Q макс 2021 г.	5960	5020	5610	15600	19700	16700	5330	5290	5080	4690	4690	4770	19700
Q мин 2021 г.	4590	3910	4800	4800	16000	5370	4970	4920	4620	4580	4600	4660	3910

Примечание: модульный коэффициент рассчитывался как отношение характеристики стока, к средней величине

3.1.2 Сток Терека

Река Терек одна из крупных рек Северного Кавказа. Берет начало на склоне Главного Кавказского хребта в Трусовском ущелье, из ледника горы Зилга-Хох. Высота истока над уровнем моря – 2 713 метров, общая длина реки по прорытому и спрямленному каналу через п-ов Аграхан – 586 км, площадь водосбора – 37400 км². Питание реки Терек смешанное, осуществляется талыми водами ледников и снегов, а также подземными водами и дождевыми осадками.

Сток Терека слабо зарегулирован. Поэтому Каргалинский гидроузел рассматривается как створ с естественным режимом стока.

Средний многолетний расход воды, по данным г/с Каргалинский г/у, рассчитанный за период 1965-2020 гг., составляет 215 м³/с, что соответствует среднегодовому объему стока 6,776 км³. За весь период наблюдений максимальный годовой сток составил 11,4 км³ (2005 г.), минимальный – 2,6 км³ (1976 г.).

Среднегодовой расход воды в 2021 г. составил 277 м³/с, годовой объем стока – 8,733 км³. Максимальный расход в 2021 году наблюдался в июне, наименьший – в апреле (таблица 3.1.2).

Таблица 3.1.2 – Сток р. Терек, рук. Новый Терек, Каргалинский гидроузел (м³/с) и модульные коэффициенты за январь-декабрь 2021 г.

Характеристика	Месяц												Год (м ³ /с)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q ср. 2021	207	200	175	124	273	453	390	309	236	410	298	249	277
Q ср. мног. 1965-1967, 1971-1998, 2001-2020	175	179	186	147	194	349	396	275	178	152	165	184	215
K 2021	1,2	1,1	0,9	0,8	1,4	1,3	1,0	1,1	1,3	2,7	1,8	1,4	1,3
Q макс 2021	217	214	207	532	777	922	930	669	527	687	311	308	930
Q мин 2021	200	189	108	60,1	103	198	174	115	128	304	277	202	60.1

Многолетние колебания стока Терека

Сток Терека определяется климатическими условиями, складывающимися в водозаборном бассейне. Анализ многолетних данных среднегодовых расходов воды по разностно-интегральным кривым (РИК) позволяет выделить два периода:

- 1965-1996 гг. период с относительно пониженным стоком;
- 1997-2021 гг. период с повышенным стоком.

Средняя многолетняя сумма осадков в период 1997-2021 гг. в сравнении с нормой (1961-1990 гг.) имела положительную аномалию 34,6 мм. Этот период соответствовал периоду повышенной водности Терека. В фазу пониженной водности аномалия средней многолетней суммы осадков в период 1965-1996 гг. в сравнении с нормой составила всего лишь 0,3 мм. Общее потепление климата и повышение увлажненности привело к повышению водности Терека в целом (рис. 1).

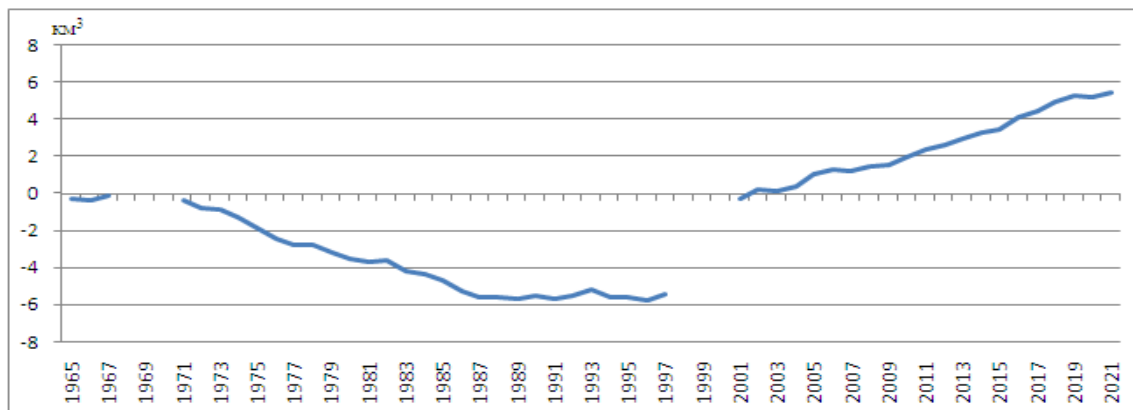


Рис. 1. Разностно-интегральная кривая объемов стока р. Терек, г/с Каргалинский г/у за период 1965- 2021 гг.

3.1.3 Сток р. Сулак

Сулак – река в Дагестане. Длина – 169 км, площадь водосборного бассейна – 16620 км². Образуется слиянием рек Аварского Койсу и Андийского Койсу, при впадении в Каспийское море образует дельту. Питание реки смешанное, с преобладанием снегового.

Сток реки Сулак зарегулирован каскадом водохранилищ. Наиболее крупное из них Чиркейское водохранилище, определяет режим стока реки. Поэтому внутригодовое распределение стока нарушено и зависит от хозяйственной деятельности человека. Средний многолетний расход воды р.Сулак рассчитанный за период 1976-2020 гг., составляет 151 м³/с, что соответствует среднегодовому объему стока 4,762 км³. Максимальный годовой сток составил 7,761 км³ (2002 г.), минимальный – 2,680 км³ (1996 г.).

Среднегодовой расход воды в 2021 г. составил 134 м³/с, годовой объем стока – 4,226 км³. Максимальный расход в 2021 году наблюдался в сентябре, наименьший – в мае (таблица 3.1.3).

Таблица 3.1.3 – Сток р. Сулак, пгт Сулак (м³/с) и модульные коэффициенты за январь-декабрь 2021 г.

Характеристика	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Q ср. 2021	119	146	144	134	118	128	125	125	129	206	118	116	134
Q ср. мног. 1976-1985, 1988-1993, 1995-1997, 2000-2005, 2009, 2010, 2012-2020	143	153	139	129	166	204	187	150	118	120	140	156	151
К 2021	0,83	0,95	1,04	1,04	0,71	0,63	0,67	0,83	1,09	1,72	0,84	0,74	0,89
Q макс 2021	136	153	147	141	135	134	130	130	352	339	124	122	136
Q мин 2021	108	137	141	128	77,3	117	122	115	96,3	127	111	114	108

3.2. УРОВЕНЬ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

3.2.1 Уровень воды в Российском секторе в 2021 г.

Уровень воды в северо-западной части Каспийского моря в 2021 г. по сравнению с предыдущим годом понизился на 22...27 см (табл. 3.2.1). Основной причиной снижения уровня стал низкий сток Волги в 2021 г. (208 км³), который был существенно ниже нормы (242 км³) и объема стока 2020 г. (280 км³).

Для мелководной западной части Северного Каспия характерны большие нагоны, создаваемые преобладающими, особенно в холодный период года, ветрами восточных и

юго-восточных направлений. Максимальные годовые уровни воды в 2021 г. были вызваны нагонными ветрами, минимальные годовые уровни – сгонными ветрами (З, СЗ, ЮЗ).

Таблица 3.2.1 – Средние значения уровня моря (см) в Российском секторе в 2020 и 2021 гг.

Год	Месяцы												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<i>Российский сектор</i>													
Махачкала													
2020	-22	-16	-14	10	-5	11	8	-6	-6	-12	-18	-18	-7
2021	-25	-31	-28	-27	-23	-18	-20	-24	-36	-37	-42	-42	-29
о. Тюлений													
2020	-33	-26	-8	-19	-9	6	4	-11	-6	-2	-11	-13	-11
2021	-23	-38	-34	-30	-26	-21	-28	-28	-43	-42	-51	-46	-34
Лагань													
2020	-12	0	32	11	21	45	33	16	28	38	14	15	20
2021	5	-22	-12	-3	16	14	-6	5	-27	-11	-25	-19	-7

Сгонно-нагонные колебания уровня в западной части Северного Каспия

В 2021 г. в западной части Северного Каспия за период с января по декабрь на МГ-II о. Тюлений было зафиксировано шесть нагонных ситуаций с подъемом уровня моря на 34...62 см, не превысивших опасную отметку.

На МГП-I Лагань было зарегистрировано 63 случая сгонно-нагонных ситуаций: 28 нагонов и 35 случаев с ветровым сгоном воды, не превысивших опасную отметку. Наиболее значимые сгонно-нагонные явления:

14-17 марта в северо-западной части Каспия наблюдалось повышение уровня воды на 88...110 см. 16 марта на о. Тюлений и в Лагани зафиксированы годовые максимумы уровня воды (35 и 107 см соответственно);

23, 24 марта наблюдалось повышение уровня воды на 41...72 см, вызванное восточным направлением ветра (порывы до 15-16 м/с);

25-29 марта зафиксировано падение уровня воды на 54...82 см, вызванное западным, юго-западным направлением ветра, максимальная скорость ветра достигала 15-18 м/с. 26 марта в Лагани зафиксирован минимальный годовой уровень (-99 см).

19-21 и 26, 27 октября наблюдалось понижение уровня воды, вызванные устойчивым воздействием северо-западного ветра (до 16-18 м/с): на 42...68 см в первом случае и на 34...61 см во втором случае;

4-7 ноября наблюдалось повышение уровня воды, вызванное устойчивым воздействием ветра восточной четверти (В, СВ, ЮВ). 6 ноября порывы до 18 м/с, среднесуточная скорость ветра составила 12,3 м/с. Величина нагона достигала 44...87 см см;

8-9 и 13-16 декабря отмечалось усиление ветра восточного, юго-восточного направления с порывами до 16-18 м/с. Величина нагонов составила: 52...82 см и 44...115 см соответственно.

25 октября на западном побережье Среднего Каспия в районе морской станции Махачкала в результате действия северо-западного ветра (20 м/с) уровень достиг опасной отметки (ОЯ). Минимальный годовой уровень составил (-63 см), что на 13 см ниже опасной отметки. Для МГ-II Махачкала критерием «ОЯ» принята отметка -50 см.

В январе, феврале, марте, сентябре, ноябре минимальные месячные уровни (-45...-49) в Махачкале приближались к критериям ОЯ.

Многолетние колебания уровня

Многолетние колебания уровня Каспийского моря объясняются в основном климатическими изменениями водного баланса моря, в первую очередь, речного стока в море. Сопоставление данных по стоку (г/с с. Верхнелебязье) с графиком хода среднегодовых уровней моря (о. Тюлений) показывает общую связь – повышение уровня моря в многоводные периоды и понижение в маловодные. В многолетних колебаниях уровня выделяют три периода: период аномального падения уровня (1941-1977 гг.), период аномального подъема уровня (1978-1995 гг.) и третий с 1996 г. до настоящего времени.

В 1977 г. произошло падение уровня до самой низкой отметки за все время проведения инструментальных наблюдений (-29,0 мБС), снижение уровня составило 1,7 м. В 1995 г. уровень повысился до самой высокой отметки – до (- 26,63 мБС), подъем уровня к 1995 г. составил около 2,26 м. После 1995 года наблюдались периоды падения, подъема и стабилизации уровня. Общая величина современного снижения уровня относительно 1995 г. составила 148 см, достигнув в 2020 и 2021 гг. абсолютной отметки -28,11 и -28,34 мБС соответственно (рис. 2).

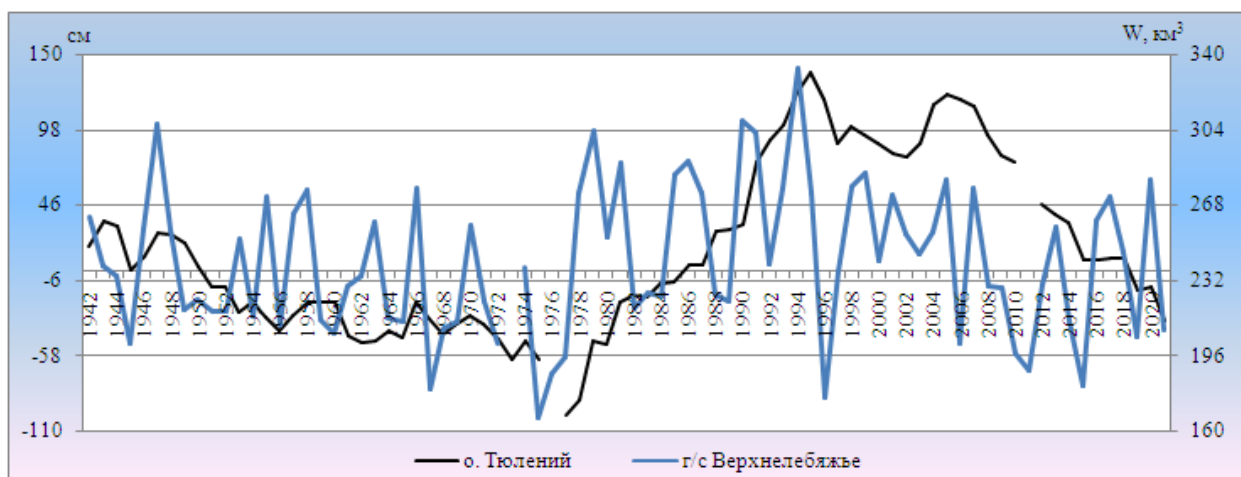


Рис. 2. Графики колебания средних годовых расходов Волги (г/с с. Верхнелебязье), уровней воды на МГ-II о. Тюлений

3.3. ТЕМПЕРАТУРА МОРСКОЙ ВОДЫ

3.3.1 Режим температуры воды в 2021 г

В 2021 г. среднегодовая температура воды по данным береговых и островных морских станций расположенных в *Российском секторе* составила $+14,2...+14,7^{\circ}\text{C}$, что на $1,1...2,1^{\circ}\text{C}$ выше нормы, значения аномалий в 1,6-2,6 раза были выше стандартного отклонения. Температура воды весеннего и летнего сезонов значительно превышали норму: в весенний период на $1,6-2,4^{\circ}\text{C}$, аномалии превышали значения среднеквадратического отклонения в 1,3-1,8 раза; положительные аномалии летних температур составили $2,2-3,3^{\circ}\text{C}$, что в 3-4 раз выше стандартного отклонения

Температура поверхностных вод подвержена заметным сезонным колебаниям и имеет четко выраженный годовой ход. В северо-западной части моря средняя температура воды на поверхности изменялась от $1,4-2,3^{\circ}\text{C}$ в холодный период года до $27,0-27,8^{\circ}\text{C}$ в летние месяцы; на западном побережье Среднего Каспия средняя температура воды на поверхности изменялась от $4,1-4,6^{\circ}\text{C}$ в холодный период года до $25,4-25,7^{\circ}\text{C}$ в летние месяцы (таблица 3.3.1).

Таблица 3.3.1 – Характеристики средней годовой и сезонной температуры воды по данным пунктов наблюдений Каспийского региона в 2021 г.: *T – текущее значение температуры воды; νT – отклонения от средних многолетних за 1961-1990 гг., $^{\circ}\text{C}$; s – среднеквадратическое отклонение в $^{\circ}\text{C}$ за период 1961-1990 гг.*

Страна/название наблюдательного пункта	Год			Зима			Весна			Лето			Осень		
	T	νT	s	T	νT	s	T	νT	s	T	νT	s	T	νT	s
<i>Российский сектор</i>															
Дербент	14,5	1,2	$\pm 0,7$	4,6	0,3	$\pm 1,3$	11,2	1,8	$\pm 1,0$	25,7	2,4	$\pm 0,7$	16,0	-0,1	$\pm 0,9$
Изберг	14,2	1,1	$\pm 0,7$	4,2	0,3	$\pm 1,1$	11,1	1,9	$\pm 1,1$	25,5	2,4	$\pm 0,6$	15,4	-0,8	$\pm 0,9$
Махачкала	14,7	2,1	$\pm 0,8$	4,1	0,9	$\pm 1,2$	11,6	2,4	$\pm 1,3$	25,4	3,3	$\pm 0,8$	16,3	1,0	$\pm 0,9$
о. Тюлений	14,3	1,4	$\pm 0,6$	2,3	0,8	$\pm 1,0$	13,6	1,7	$\pm 1,2$	27,0	2,2	$\pm 0,6$	13,2	0,0	$\pm 1,0$
Лагань	14,3	1,5	$\pm 0,8$	1,4	0,2	$\pm 0,6$	13,7	1,6	$\pm 1,2$	27,8	2,8	$\pm 0,8$	13,4	0,8	$\pm 1,1$

В таблице 3.3.2 представлены ранги самых теплых лет в *Российском секторе* Каспийского моря и соответствующие аномалии среднегодовой температуры воды.

В Махачкале установлен среднегодовой рекорд температуры воды. Годовая температура составила $+14,7^{\circ}\text{C}$, предыдущий рекорд отмечен в 1966, 2018 и 2019 гг. ($+14,1^{\circ}\text{C}$). Среднегодовая температура воды на о.Тюлений в 2021 г. ($+14,3^{\circ}\text{C}$) по значению уступает только 2019 г. ($+14,4^{\circ}\text{C}$). В Дербенте и в Лагани 2021 г. в ранжированном ряду наблюдений (от наиболее теплого года к наиболее холодному) заняли третье место, положительные аномалии составили 1,2 и $1,5^{\circ}\text{C}$ соответственно.

Таблица 3.3.2 – Ранги самых теплых /или холодных/ лет на Российском побережье Каспийского моря и соответствующие аномалии среднегодовой температуры воды в °С: *R* – ранг текущих значений в ряду, упорядоченном по убыванию для положительных аномалий и по возрастанию – для отрицательных (показаны только 5 первых рангов); период для расчета рангов: весь период наблюдений

<i>R</i>	год	ср.год. темп.	ано- малия	год	ср.год. темп.	ано- малия	год	ср.год. темп.	ано- малия	год	ср.год. темп.	ано- малия	год	ср.год. темп.	ано- малия
<i>Российский сектор</i>															
	Дербент			Изберг			Махачкала			о. Тюлений			Лагань		
1	2018, 1981	14,7	1,4	2002, 1966	14,5	1,4	2021	14,7	2,1	2019	14,4	1,5	1989	14,5	1,7
2	2002	14,6	1,3	2004, 1981	14,3	1,2	2019, 2018, 1966	14,1	1,6	2021	14,3	1,4	2012	14,4	1,6
3	2021, 2019, 2010, 2001	14,5	1,2	2021, 2010, 2005, 2001	14,2	1,1	2002	14,0	1,5	2012	14,2	1,3	2021, 2005	14,3	1,5
4	2005, 1995	14,4	1,1	2019, 2018, 1995	14,1	1,0	2010, 2005	13,9	1,4	2020	14,1	1,2	2019, 2015, 1974	14,2	1,4
5	2020	14,3	1,0	2000, 1990	14,0	0,9	2004	13,8	1,3	2010, 1966	14,0	1,1	2016, 2017	14,1	1,3

В таблице 3.3.3 представлены рекорды максимальной средней месячной температуры воды (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений в *Российском секторе* в 2021 г. В Дербенте в апреле обновлен максимум среднемесячной температуры воды (+12,5 °C), предыдущий рекорд отмечен в апреле 2000 г. (+11,9°C). На станции Махачкала среднемесячное значение температуры воды в апреле повторило рекордное значение апрельской температуры 1962 г. (+12,2°C), что на 0,2° выше рекорда 2000 года (+12,0°C). В Изберге, Махачкале и на о.Тюлений обновлены рекорды средней месячной температуры августа.

Таблица 3.3.3 – Абсолютный максимум/минимум средней месячной температуры воды (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Месяц	Значение абсолютного максимума 2021 года	Значение предыдущего максимума и год	Месяц	Значение абсолютного минимума 20__ года	Значение предыдущего минимума и год
Российский сектор						
Дербент	апрель	12,5	11,9 (2000)			
Изберг	август	27,2	26,4 (2005, 2006)			
Махачкала	апрель	12,2	12,0 (2000)			
	август	27,5	27,1 (1999)			
о.Тюлений	август	28,4	27,3 (2010)			

В таблице 3.3.4 представлены рекорды максимальной месячной температуры воды (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений в *Российском секторе* в 2021 г.

Таблица 3.3.4 – Рекорды максимальной месячной температуры воды (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

Страна/название наблюдательного пункта	Число	Месяц	Температура воды, °C	Предыдущий рекорд, °C	Дата предыдущего рекорда
Российский сектор					
Изберг	1	сентября	29,0	28,6	4 сентября 2003
Махачкала	30	апреля	17,1	16,6	Апрель 1976*
	28	июня	29,4	28,6	30 июня 2018, 25 июня 2019
	11	августа	30,9	30,2	22 августа 1999

*Государственный водный кадастр Союза ССР 1976 г. Морской ежегодник, том I. Баку 1977 г. (в таблице 2.1 представлены только среднедекадные и среднемесячные значения)

В Изберге в сентябре перекрыто значение максимальной месячной температуры воды (+ 29,0 °C), предыдущий максимум отмечен в сентябре 2003 г. (+ 28,6 °C). В Махачкале в 2021 году установлены три рекорда максимальной месячной температуры воды: в апреле, в июне и в августе.

Таблица 3.3.5 – Рекорды минимальной месячной температуры воды (°C), зафиксированные в пунктах наблюдений Каспийского региона в 2021 г.

В 2021 не наблюдались

Страна/название наблюдательного пункта	Число	Месяц	Температура воды, °C	Предыдущий рекорд, °C	Дата предыдущего рекорда
Российский сектор					
Российское побережье					
.....					

3.3.2 Тенденции в режиме температуры воды

В таблице 3.3.6 представлены оценки линейного тренда средних годовых и сезонных температур воды в пунктах наблюдений Каспийского региона за период 1961–2021 гг. (для МГ-II Изберг, Махачкала и о. Тюлений), 1975-2021 гг. (МПП-I Лагань), 1977-2021 гг. (МГ-II Дербент).

По данным всех метеостанций российского побережья наблюдается повышение средних сезонных температур. Скорость повышения варьирует от 0,08 до 0,56°C/10 лет. Рост температуры как за год, так и в отдельные сезоны статистически значимый на всех станциях, за исключением зимних температур на станции Дербент, весенних температур на станции о. Тюлений и осенних температур на станции Изберг. Среднегодовые температуры повышались в среднем на 0,16-0,42°C каждые 10 лет, повышение статистически значимое.

Таблица 3.3.6 – Оценки линейного тренда средних годовых и сезонных температур воды в пунктах наблюдений Каспийского региона за период 1961-2021 гг.: *a* – коэффициент линейного тренда (°C/10 лет); *D* – коэффициент детерминации (%). Жирным шрифтом выделены значения тренда, незначимые на уровне 5%

Страна/название наблюдательного пункта	Год		Зима		Весна		Лето		Осень	
	a	D	a	D	a	D	a	D	a	D
Российский сектор										
Дербент	0,27	0,29	0,14	0,03	0,34	0,18	0,31	0,15	0,26	0,11
Изберг	0,16	0,20	0,12	0,04	0,33	0,25	0,22	0,24	0,00	0,00
Махачкала	0,23	0,25	0,20	0,09	0,20	0,08	0,31	0,21	0,23	0,15
о. Тюлений	0,17	0,21	0,10	0,04	0,08	0,04	0,21	0,23	0,29	0,21
Лагань	0,42	0,60	0,22	0,23	0,35	0,21	0,55	0,47	0,56	0,39

4. ЛЕДОВЫЕ УСЛОВИЯ

Каспийское море ежегодно замерзает только в мелководной северной части. По данным картам-схемам ледового покрова ГМЦ России, 30 ноября 2020 года на подходах к

дельте р. Волга наблюдался лед начальных видов. К востоку от дельты Волги у побережья – припай, толщиной 8-10 см, за припаем – серый дрейфующий лед и светлый нилас.

По данным морских постов ледообразование в районе Лагани началось 28 ноября, в районе о. Искусственный – 4 декабря (рис. 3).

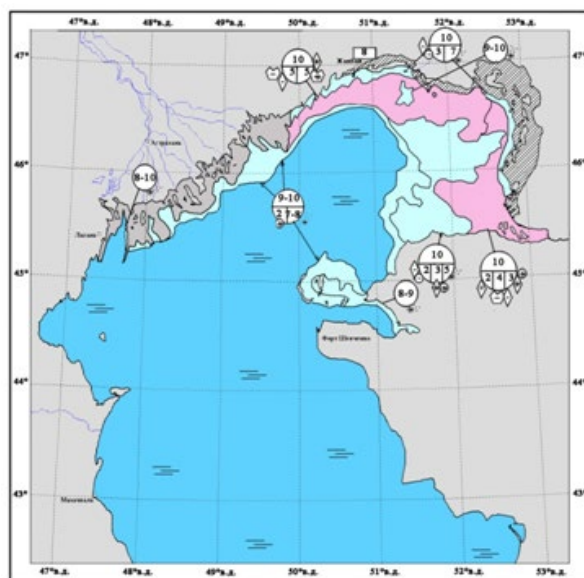


Рис. 3. Карта-схема ледяного покрова 30 ноября 2020 г.

Первое полное замерзание в районе Лагани наблюдалось 5 декабря, в районе о. Искусственный – 11 декабря. 24, 25 декабря минимальная температура в ночные часы понижалась до $-5,0 \dots -8,7^{\circ}\text{C}$. На севере Каспийского моря происходило активное ледообразование (рис. 4).

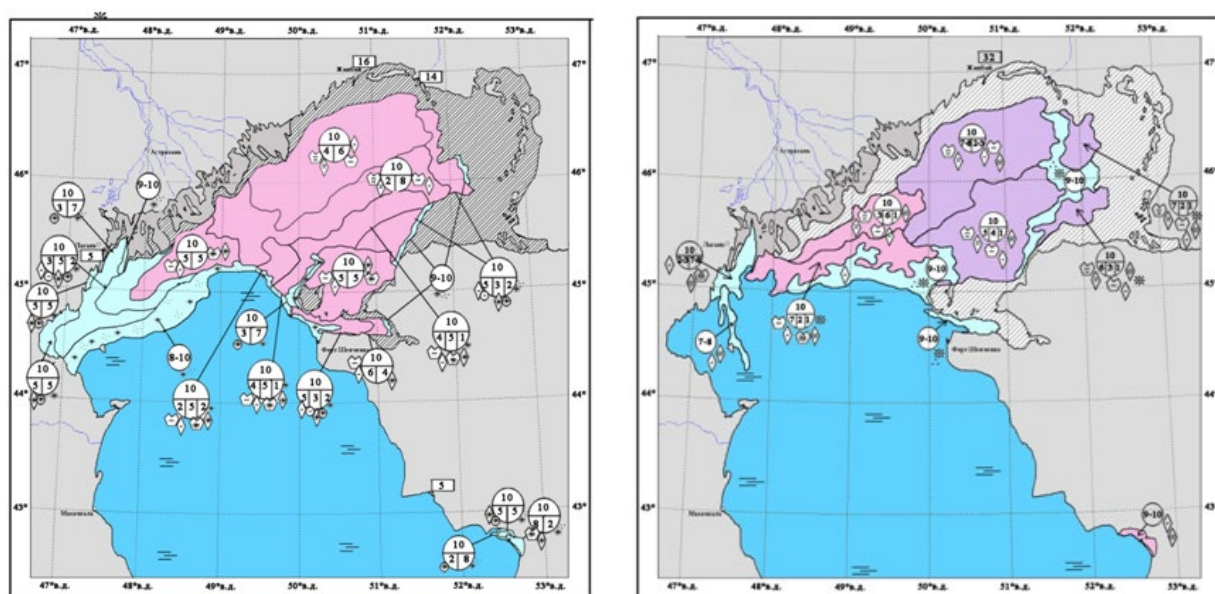


Рис. 4. Карты-схемы ледяного покрова 7 и 23 декабря 2020 г.

Наибольшая площадь ледяного покрова отмечена в первой декаде декабря, когда лёд распространился на все предустьевое пространство, частично охватив юго-западный район и центральное мелководье Северного Каспия. Максимальная толщины льда на о. Искусственный наблюдалась 24-26 декабря 2020 г. и составила 13 см.

Во второй и в третьей декадах января лед наблюдался на более 60 % площади Северного Каспия. На северо-западе моря, в районе Лагани – припай, толщиной 3-5 см, за припаем и в районе ВКМСК (Волго-Каспийского морского судоходного канала) – темный и светлый нилас. Кромка льда наблюдалась севернее о. Тюлений. В районе о. Искусственный – припай толщиной 10-12 см (рис. 5).

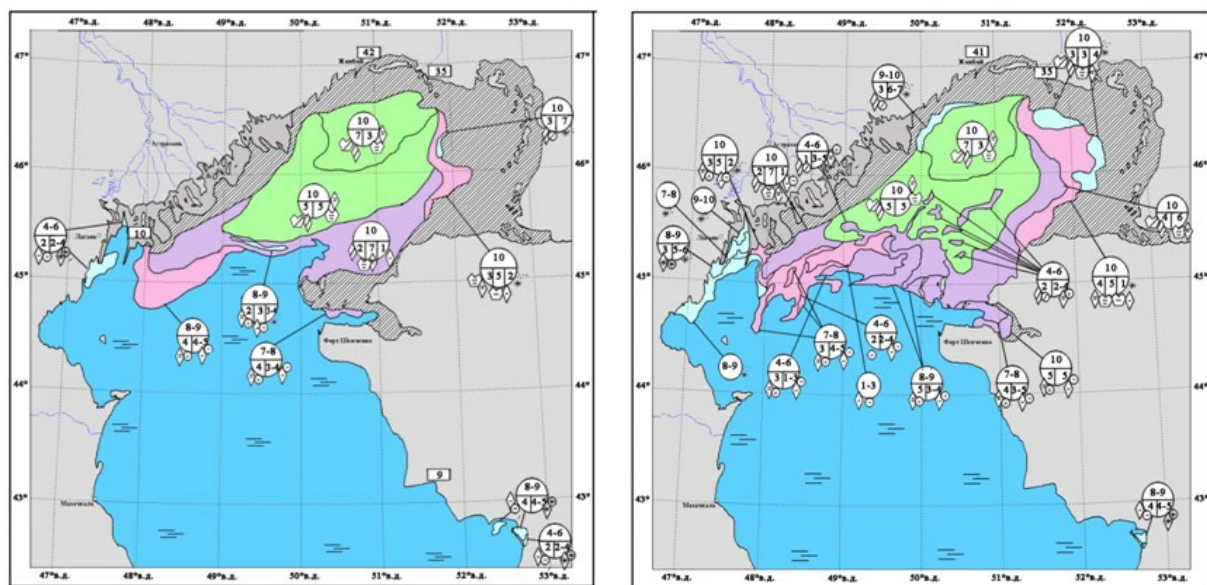
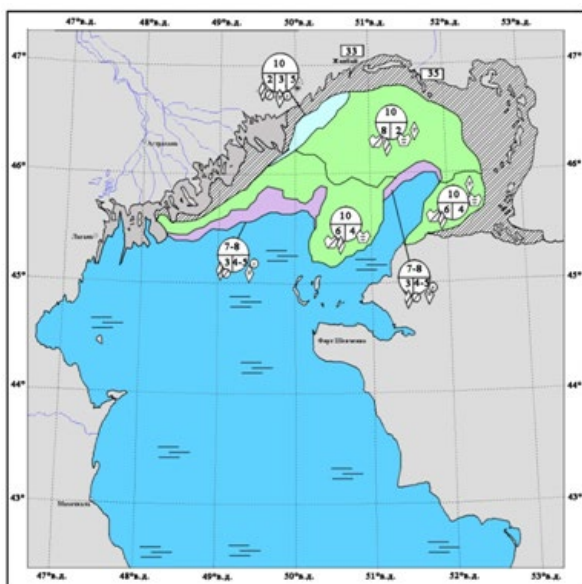


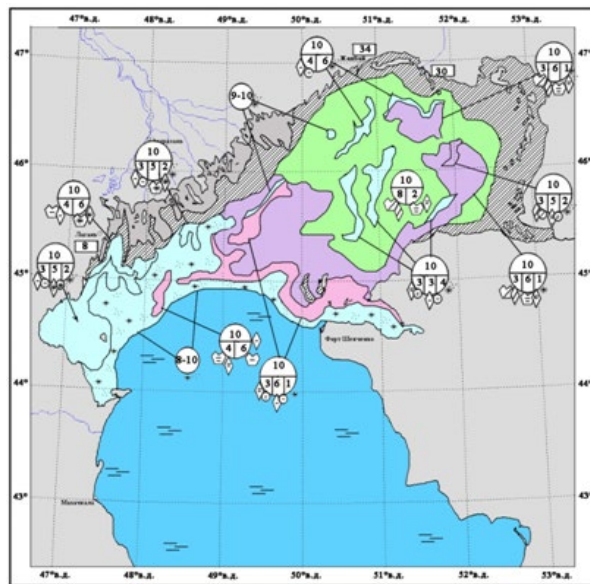
Рис. 5. Карты-схемы ледяного покрова 11 и 19 января 2021 г.

В первой декаде февраля установилась аномально-теплая погода, шло интенсивное разрушение и уменьшение площади ледяного покрова. В юго-западном районе Северного Каспия наблюдалась «чистая вода». В середине третьей декады февраля акватория находилась под влиянием Арктического антициклона, установилась морозная погода. Минимальная температура воздуха опускалась до -11,9...-17,7°C. В результате аномально холодной погоды продолжилось интенсивное ледообразование, охватившее всю северную часть Каспийского моря. Ледовитость Каспийского моря в III декаде февраля стала максимальной за ледовый сезон 2020/2021 гг. Максимальная толщины льда в районе Лагани зафиксирована 26 февраля 2021 г. (14 см) (рис. 6).

Последовавшее во второй декаде марта вторжение холодного северного воздуха вызвало резкое понижение температуры воздуха. И если первая декада марта характеризовалась интенсивным таянием и разрушением льда, то в середине месяца процессы ледообразования вновь усилились (рис. 7 и 8).



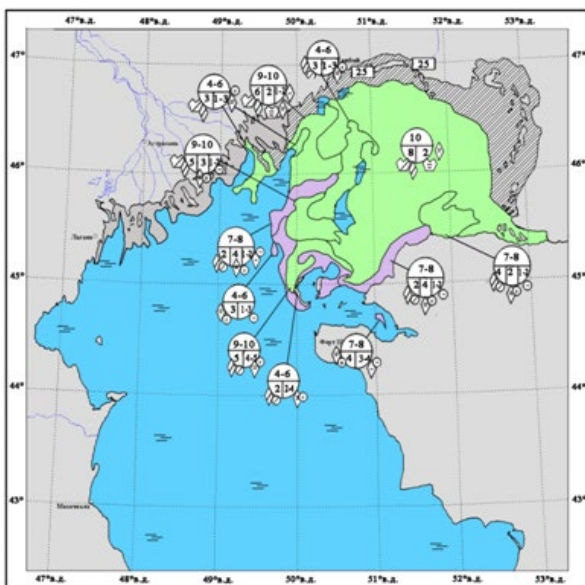
9 февраля 2021 г.



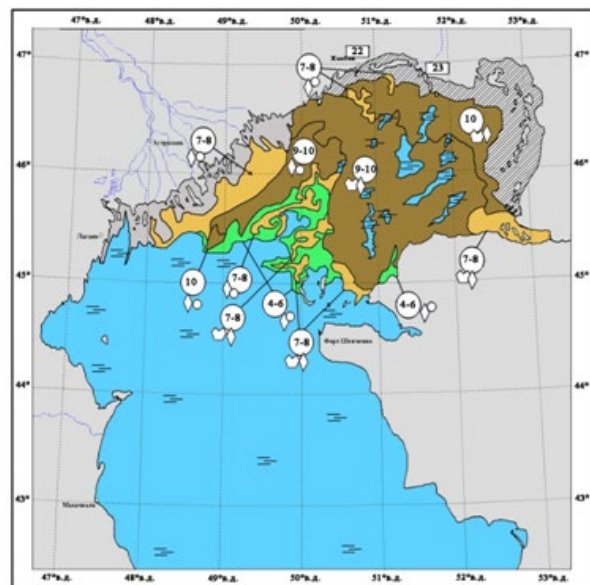
23 февраля 2021 г.

Рис. 6. Карты-схемы ледяного покрова в феврале 2021 г.

В конце марта акватория Северного Каспия практически очистилась ото льда и только на северо-восточном побережье моря сохранялась узкая зона дрейфующего льда сплоченностью от 4-6 до 9-10 баллов. По данным морских постов, окончательное очищение ото льда наблюдалось: 7 марта в Лагани, 16 марта на о. Искусственный (рис. 8).

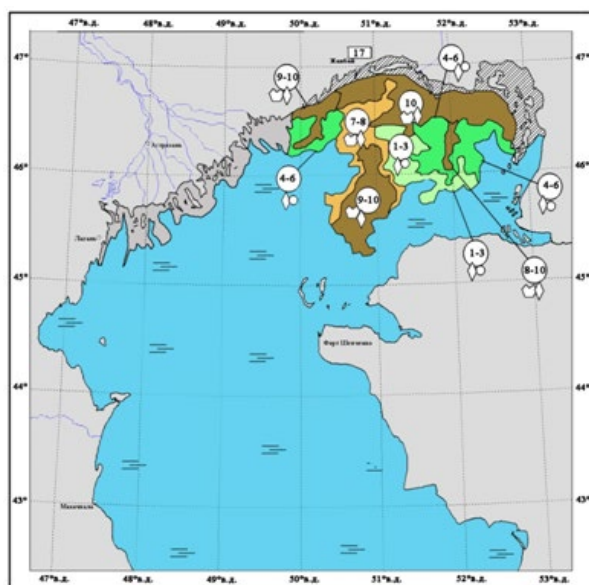


8 марта 2021 г.

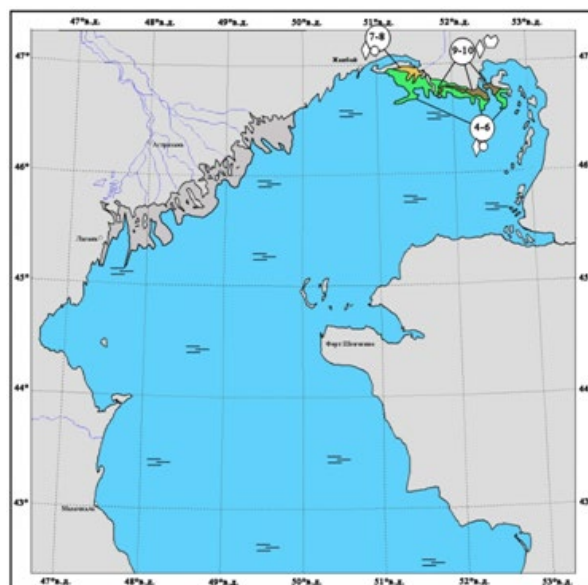


15 марта 2021 г.

Рис. 7. Карты-схемы ледяного покрова в первой половине марта 2021 г.



23 марта 2021 г.



31 марта 2021 г.

Рис. 8. Карты-схемы ледяного покрова в последней декаде марта 2021 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

2021 год вошел в пятерку самых теплых лет за всю историю метеонаблюдений по температуре воздуха и воды.

По режиму увлажнения 2021 г. был неоднородным. В Изберге и в Дербенте, осадков выпало больше нормы, в Махачкале – в пределах нормы и на островной станции Тюлений годовая сумма осадков была ниже нормы.

В 2021 году на всех морских постах *Российского сектора* наблюдался пониженный фон уровней моря, что объяснялось низким стоком Волги. По объему годового стока 2021 год входит в семерку самых маловодных лет за последние четверть века: 1996 г. (176 км³); 2006 г. (201,9 км³); 2010 г. (196,7 км³); 2011 г. (189 км³); 2015 г. (181,7 км³), 2019 г. (205 км³), 2021 г. (208 км³).

Зима 2020/2021 гг. в северо-западной части Каспия была мягкой. Сумма отрицательных среднесуточных величин за зимний сезон по МС Астрахань составила (-385,5°C), по МС о. Тюлений (-93,0°C).

Продолжительность дней в ледовый период со льдом на о. Искусственный составило 75 дней (норма 84), в Лагани – 67 дней, что в пределах нормы. Вследствие аномально-теплой погоды на о. Тюлений в течение всего зимнего периода отсутствовал ледяной покров. В холодные зимы максимальная продолжительность ледового периода составляет: 125 дней (1984/1985 гг.) на о. Искусственный, 143 дня (1997/1998) в Лагани, 132 дня (1993/1994 гг.) на о. Тюлений.