

3. ТЕМПЕРАТУРА ВОДЫ

3.1. Температура воды Северного Каспия

3.1.1. Изученность термического режима

В работах Е. Г. Архиповой, В. А. Любансского и Л. П. Резниковой [20], О. И. Шереметевской [440], Д. Н. Катунина и П. И. Хрипунова [199] детально изучены термические условия Северного Каспия за разные отрезки времени. Установлено, что процессы нагревания и охлаждения морских вод в Северном Каспии протекают более интенсивно у восточного побережья, чем у западного; что Уральская бороздина является очагом тепла осенью и холода весной; что температура воды в Северном Каспии характеризуется значительной многолетней изменчивостью.

Оценена роль климатических и антропогенных факторов в изменениях температуры воды в Северном Каспии. В работах Е. Г. Архиповой [13], М. С. Потайчук [315] для различных периодов времени проведен расчет изменений температуры при падении и повышении уровня моря от 1 до 5 м, который показал, что наибольшие изменения в температурных фазах происходят в мелководных районах.

Н. А. Скриптунов [369] подтвердил, что отмелое взморье Волги с глубинами менее 1 м весной и летом служит своеобразным «нагревателем», а осенью — «охладителем», и тепловое влияние Волги и Урала ограничивается зоной отмелого взморья.

Т. И. Пармузина [299] оценила изменчивость температурного поля в Северном Каспии путем расчета среднеквадратических отклонений от температуры воды по одноградусным квадратам и показала, что наибольшая изменчивость температуры воды наблюдается в апреле, когда $\sigma = 3^{\circ}\text{C}$.

А. Н. Косарев [223] дал подробную характеристику поля температуры воды на поверхности Северного Каспия во все сезоны года, рассмотрел изменчивость температуры по вертикали, а также особенности гидрологических условий в районе кромки льда.

Интересные результаты были получены группой авторов [108]. Они обобщили материалы гидрологических съемок в районе кромки льда за 1965—1970 гг. и установили, что в этом районе, представляющем собой фронтальную зону, происходят резкие изменения гидрометеорологических характеристик: уменьшение температуры воздуха и воды, повышение солености и содержания кислорода. Кроме того, был исследован процесс сползания охлажденных и уплотненных морских вод в глубинные слои Среднего Каспия.

При исследовании многолетних изменений температуры воды [314, 339] авторами были установлены связи с типами атмосферной циркуляции и солнечной активностью не только этой характеристики, но и температуры воздуха, осадков и ледо-

витости Северного Каспия. В многолетних колебаниях гидрометеорологических параметров были выделены циклы в 2—3, 4—6 и 10—11 лет.

3.1.2. Использованные материалы и методика обработки

Распределение температуры воды в Северном Каспии отличается большой изменчивостью. Это определяется мелководностью акватории, разнообразием физико-географических условий, сложностью динамических процессов при смешении морских и речных вод, а также особенностями теплообмена с атмосферой и влиянием адвекции морских вод из Среднего Каспия.

Для характеристики изменчивости температуры воды в открытом море были использованы наблюдения на пяти вековых и одном стандартном разрезах за 1958—1983 гг., отличающихся однородностью материала. Для каждой гидрологической станции на поверхностном и придонном горизонтах рассчитывались следующие статистические характеристики: среднеарифметическое значение (T_w), среднеквадратическое отклонение (σ), коэффициент вариации ($C_v \%$), экстремальные значения ($T_{w\max}$, $T_{w\min}$) и размах колебаний (R).

Все перечисленные характеристики были рассчитаны для трех сезонов: весны, лета, осени и представлены в виде схем распределения для поверхностного и придонного горизонтов, а также в виде вертикальных разрезов.

Кроме того, были привлечены еще четыре точки в районах с малым количеством наблюдений, а также данные по температуре воды на ст. Астраханский приемный плавмаяк (рис. 3.1). Для устранения влияния годового хода вводились поправки на приведение температуры воды к середине сезона, после чего эмпирическая плотность распределения температуры воды приблизилась к нормальному.

Для характеристики изменчивости температуры воды в прибрежной зоне были рассчитаны ее статистические характеристики за этот же период для пяти гидрометеорологических станций: Искусственный остров, Пешной, Остров Тюлений, Остров Кулалы и Форт-Шевченко.

3.1.3. Суточные изменения температуры воды

Для характеристики суточных изменений температуры воды были использованы данные срочных наблюдений на станциях Остров Тюлений, Остров Кулалы, Пешной, Искусственный остров и Астраханский приемный плавмаяк, а также данные наблюдений на многосуточных станциях III⁶, VII, V и XIV (рис. 3.1).

Анализ данных показал, что максимальный суточный размах колебаний температуры наблюдается в период интенсивного прогрева и осеннего охлаждения (табл. 3.1). Так, в районе о. Кулалы максимальный суточный размах отмечается в апреле—мае (2.7 — 3.1°C) и в сентябре (2.0 — 2.1°C).

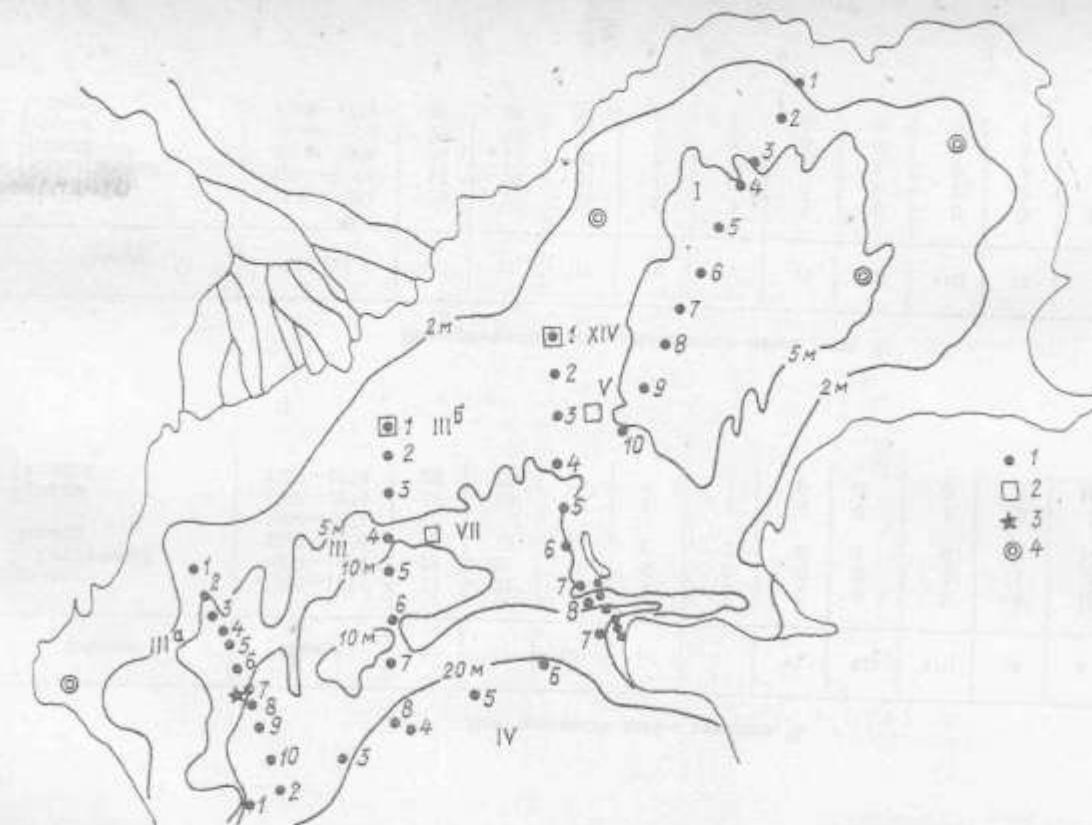


Рис. 3.1. Схема расположения станций и дополнительных точек в Северном Каспии.
1 — станции «зековых» разрезов; 2 — многодневные станции; 3 — Астраханский приемный плавмаяк; 4 — дополнительные станции.

Таблица 3.1
Среднемесечный суточный размах температуры воды ($^{\circ}\text{C}$)

Станция	I	IV	VII	X
Искусственный остров	0,1	4,5	2,0	1,9
Остров Тюленей	0,3	3,7	3,2	2,4
Пешной	0,0	1,3	1,2	0,6
Остров Кудалы	-0,1	2,7	3,0	1,8
Форт-Шевченко	0,05	1,0	1,5	0,7

Летом и зимой он уменьшается, в феврале и марте достигает минимальных значений и зависит от глубины района наблюдений, которая определяет интенсивность прогрева и охлаждения воды. Так, на ст. Астраханский приемный плавмаяк, расположенной на свале глубин, максимальная суточная разность температуры воды в мае составляет $3,2^{\circ}\text{C}$, в мелководных районах $4,5^{\circ}\text{C}$ [369], а на отмелом взморье с глубинами до 0,5 м размах в тихие дни достигает $7,6^{\circ}\text{C}$ [369]. Следует отметить, что в яс-

Таблица 3.2

Статистические характеристики изменчивости суточной температуры воды на многодневных станциях

Станция, горизонт	IV			V			VI			VII		
	\bar{T}_w	σ	C_v									
III ⁶ , 0 м	12,4	1,9	16	—	—	—	23,4	2,7	11	26,5	2,9	11
V, 0 м	10,9	2,6	24	18,7	0,7	4	22,9	1,2	5	27,5	1,1	4
XIV, 0 м	12,7	1,5	12	20,5	2,6	13	23,1	1,0	4	26,9	1,0	4
VII, 0 м	10,7	2,5	24	17,9	3,0	17	22,4	1,7	8	25,3	1,8	7
5 м	10,4	2,6	25	17,1	2,9	17	21,6	1,3	6	24,6	2,1	8
Станция, горизонт	VIII			IX			X			XI		
	\bar{T}_w	σ	C_v									
III ⁶ , 0 м	—	—	—	14,5	0,6	4	10,4	1,0	10	—	—	—
V, 0 м	—	—	—	16,2	1,5	9	12,3	1,7	14	—	—	—
XIV, 0 м	—	—	—	15,8	1,4	9	13,1	1,4	12	—	—	—
VII, 0 м	25,4	1,0	4	15,2	0,3	2	12,6	1,4	11	8,8	1,8	20
5 м	25,4	1,1	4	14,9	0,3	2	12,7	1,4	11	8,5	1,2	21

ные солнечные дни суточные разности температуры воды значительно возрастают, а в пасмурную погоду с сильными ветрами они малы и составляют десятые доли градуса.

Среднемноголетние изменения температуры воды от суток к суткам в разные месяцы представлены в табл. 3.2. Статистические характеристики (T_m , σ и C_v) рассчитывались на многосуюочных станциях для поверхностного и придонного горизонтов. На многосуюочных станциях XIV, V и III⁶, расположенных на мелководье, изменения температуры воды на поверхности и на горизонте 3 м одинаковы. На станции VII они отличаются, так как здесь на горизонте 5 м вода имеет другие характеристики.

Наибольшая межсуюочная изменчивость температуры воды отмечается в апреле—мае и октябре—ноябре. Исключение составляет станция III⁶, на которой максимальная изменчивость отмечается в июле. Это, по-видимому, объясняется влиянием волжского стока.

3.1.4. Сезонные изменения температуры воды

Исследование сезонной изменчивости температуры воды проводилось по данным гидрометстанций Остров Тюленей, Остров Кулалы, Искусственный остров, Пешной и Форт-Шевченко. Для каждой станции были вычислены среднемноголетние (1960—1983 гг.) значения температуры воды для всех месяцев года, построены кривые годового хода, по которым затем определены количественные характеристики годовых изменений температуры (табл. 3.3).

Наиболее ранний переход температуры воды через среднегодовое значение отмечается на мелководных станциях: Искусственный Остров, Остров

Таблица 3.3
Характеристики годового хода температуры воды на поверхности моря по данным береговых станций в Северном Каспии

Станция	Среднегодовая температура, °C			Размах годового хода, °C	Дата перехода через среднегодовую температуру	
		Макс.	Мин.		апрель	октябрь
Искусственный остров	11,8	25,5	0,2	25,3	19 IV	15 X
Остров Тюленей	12,7	25,8	0,7	25,0	20 IV	17 X
Пешной	10,6	24,7	0,0	24,7	23 IV	11 X
Остров Кулалы	12,1	26,0	-0,1	26,1	17 IV	15 X
Форт-Шевченко	11,3	23,7	0,2	23,5	25 IV	24 X

Таблица 3.4
Различия среднегодовых и среднемесячных значений температуры воды на станциях западного и восточного побережий

Станция	Среднегодовые различия	I	IV	VII	X
Искусственный остров —	1,2	0,1	1,7	0,7	2,1
Пешной	0,6	0,9	0,5	-0,2	1,2
Остров Тюленей —					
Остров Кулалы					

Таблица 3.5
Экстремальные значения температуры воды

Температура	Остров Тюленей	Остров Кулалы	Искусственный остров	Пешной
Максимальная	39,7	33,7	35,1	30,5
Минимальная	-1,9	-1,7	-0,3	-0,3

Тюленей, Остров Кулалы, а на станциях Форт-Шевченко и Пешной несколько позже. Осенний переход, наоборот, отмечается сначала на ст. Пешной, а затем у западного побережья.

Температура воды на поверхности имеет значительный сезонный ход, ее среднегодовые значения в прибрежных районах возрастают с севера на юг на 0,8—1,0°C и с востока на запад на 0,6—1,2°C. Наибольшие различия в температуре воды между западным и восточным побережьями отмечаются в апреле и октябре (табл. 3.4).

Минимальные значения среднемесячной температуры воды отмечаются в январе—феврале (-0,3, -0,7°C), максимальные наблюдаются в июле (24,7—26,0°C). Абсолютные максимум и минимум температуры воды за исследуемый период на мелководных станциях приведены в табл. 3.5.

Изменчивость температуры воды в каждом месяце года была оценена путем расчета статистических характеристик σ , R и C_v .

В марте—апреле, когда начинается интенсивный прогрев воды, наблюдается самая большая изменчивость температуры воды, σ составляет 1,7—2,3°C. Размах колебаний в это время также велик (6,6—9,3°C). Наибольшей изменчивостью отличается район станций Пешной и Остров Тюленей, где определяющую роль в изменчивости играют процессы взаимодействия с атмосферой. По расчетам в этих районах затрачивается большое количество тепла на испарение. В летние месяцы σ незначительна и свидетельствует о небольшой изменчивости температуры воды: от 0,9 до 1,33°C (табл. 3.6). Осенью, в сентябре—октябре, изменчивость температуры снова увеличивается (σ = 1,3...1,8°C), как и ее размах (R = 6,3...9,6°C). Зимой из-за наличия льда изменчивость температуры воды незначительная (0,1—0,5°C). Только у о. Тюленевого σ достигает 0,9°C вследствие неустойчивости ледяного покрова в этом районе.

Еще более наглядным является расчет коэффициента вариации C_v для среднемноголетних месячных значений температуры воды. Он выражен в процентах и его максимальные значения указывают на месяцы наибольшей изменчивости температуры воды (табл. 3.6). В марте—апреле коэффициент вариации температуры воды составляет 27—93%, летом — 3—5%, осенью — 14—15%.

Изменчивость температуры воды в открытом море отражена на схемах ее распределения на поверхности и придонном горизонтах (рис. 3.2).

Весной наиболее прогреты (до 12°C) воды приступьевого взморья Волги. Далее на юг, по направлению к свалу глубин и границе между Северным и Средним Каспием, T_m постепенно понижается до 8°C. Хорошо прогреты (до 12°C) мелководья между о. Кулалы и Тюленевыми островами.

Таблица 3.6

Сезонные изменения σ , R^* и C_2 в Северном Каспии

Станция	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$\sigma^{\circ}\text{C}$												
Искусственный остров	0,20	0,40	2,10	1,90	1,13	1,14	1,05	1,44	1,74	1,84	1,40	0,95
Остров Тюлений	0,93	0,95	1,97	1,64	1,13	1,00	0,74	0,86	1,29	1,81	1,56	1,44
Пешной	0,11	0,11	0,95	2,31	1,47	1,33	1,04	1,23	1,41	1,81	1,23	0,43
Остров Кулалы	0,53	0,65	1,92	1,88	1,21	1,04	0,90	1,09	1,56	1,84	1,51	1,18
Форт-Шевченко	1,02	0,94	1,71	1,48	1,22	1,16	1,06	1,50	1,74	1,69	1,58	1,53
$R^{\circ}\text{C}$												
Искусственный остров	0,8	1,6	9,1	8,5	4,8	4,6	3,6	6,8	7,5	9,1	5,3	3,9
Остров Тюлений	3,5	4,2	7,2	6,8	5,3	3,8	3,4	3,8	4,3	8,5	7,0	6,0
Пешной	0,7	0,7	4,0	9,3	7,2	8,4	4,4	4,5	6,3	9,8	5,0	1,7
Остров Кулалы	2,5	2,5	7,5	9,0	4,3	4,4	4,6	5,0	7,4	8,7	6,2	5,7
Форт-Шевченко	3,9	4,2	8,6	6,4	4,7	4,0	5,0	6,3	8,2	11,5	7,7	5,8
$C_2, ^\circ\text{C}$												
Искусственный остров	—	—	84	17	6	5	4	6	9	16	29	86
Остров Тюлений	—	—	54	14	6	4	3	3	6	14	23	58
Пешной	—	—	93	27	9	6	4	5	8	19	46	—
Остров Кулалы	—	—	69	16	6	4	3	4	8	16	31	90
Форт-Шевченко	—	—	72	16	8	5	4	7	9	13	23	71

В центре восточной части моря отмечается более низкая температура, так как сказывается влияние более глубокой Уральской бороздины как очага холода в этот период, несмотря на то, что в восточной части моря поглощение радиации в апреле на 20 МДж/(м²·мес) больше, чем в западной.

Точно такое же пространственное распределение $T_{\text{в}}$, но со сдвигом на 1°C в меньшую сторону отмечается на придонном горизонте.

В июле распределение температуры воды по всей акватории Северного Каспия довольно однородное: в приусадебной, западной и восточной частях более 25°C, в центре западной части 24°C, у п-ова Мангышлак 22–24°C, а севернее, у Тюленых островов, 27°C. Градиент температуры направлен от о. Кулалы к Форт-Шевченко. Еще резче он выражен в придонном слое, что связано с течениями, приносящими как холодную воду из Среднего Каспия, так и теплую с мелководий. За несколько часов температура воды в этом районе может измениться на 15–16°C. Значительные градиенты отмечаются на свале глубин, где хорошо выражено влияние холодных вод Среднего Каспия.

Осенью градиент температуры направлен от свала глубин к берегу. Разность температур составляет 5°C, на востоке 3°C. Несмотря на то что у восточных берегов в это время поглощается больше тепла, чем на западе, температура воды здесь ниже на 2°C. В вертикальном распределении в этот сезон в Северном Каспии отмечается полная гомотермия.

Для характеристики изменчивости температуры воды в открытом море, так же как и для прибрежной зоны, рассчитывались значения размаха R , т. е. разности $T_{\text{max}} - T_{\text{min}}$ в каждый сезон. Пространственное распределение R показано на рис. 3.3. Весной на поверхности и в придонном слое отмечается большая изменчивость R . В восточной части моря R изменяется от 9 до 14°C, в западной — от 4 до 8°C и градиент R направлен от мелководий

к глубоководным районам, за исключением западной части разреза о. Чечень — п-ов Мангышлак, где он имеет противоположное направление. Небольшие горизонтальные градиенты в западной части моря можно объяснить влиянием холодных волжских вод, идущих вдоль западного побережья с севера на юг.

Летом, в июле, отмечается равномерное (5–8°C) распределение R по всей акватории. Исключение составляет район между о. Кулалы и п-овым Мангышлак, где наблюдаются большие изменения R — от 6 до 12°C на незначительном пространстве. Этот же район выделяется по распределению R на придонном горизонте, где его значения возрастают от 7 до 17°C.

Осенью размах колебаний R снова увеличивается в восточной части моря до 11°C, в приусадебном районе до 12°C. В районе Уральской борозды в придонном слое значения R возрастают до 12°C.

На схемах сезонного распределения σ (рис. 3.4) весной выделяются районы с большой изменчивостью: σ составляет 3,5°C на мелководьях в восточной части моря и 3°C у северных берегов. Западной части моря распределение σ более однородно и его значения близки к 2°C. В целом изменения σ составляют 1,5–3,5°C. Выделяется район значительной изменчивости температуры воды у Тюленых островов ($\sigma = 2,5$ °C), о причине которой говорилось выше.

В летний сезон значения σ по всему Северному Каспию составляют 1–1,5°C, за исключением района ст. Форт-Шевченко, где σ возрастает до 3°C. На придонном горизонте, в зоне контакта с более холодными водами Среднего Каспия σ составляет 4–5°C, а на остальной акватории Северного Каспия значения σ довольно однородны (1,5–2°C). Осенью σ вновь увеличивается до 3°C вдоль всей мелководной приусадебной зоны Волги и на свале глубин на границе со Средним Каспием, где скви-

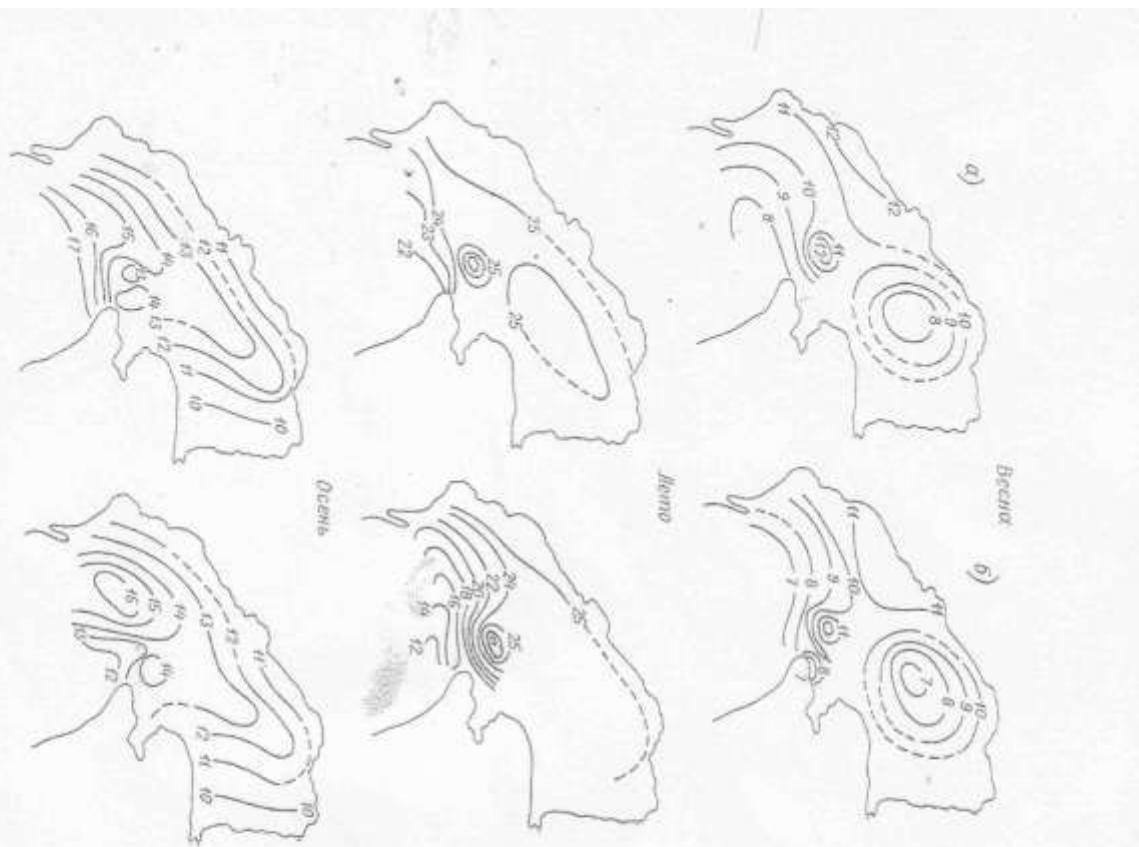


Рис. 3.2. Сезонное распределение температуры воды ($^{\circ}\text{C}$).

а — поверхностный слой; б — глубокий слой.

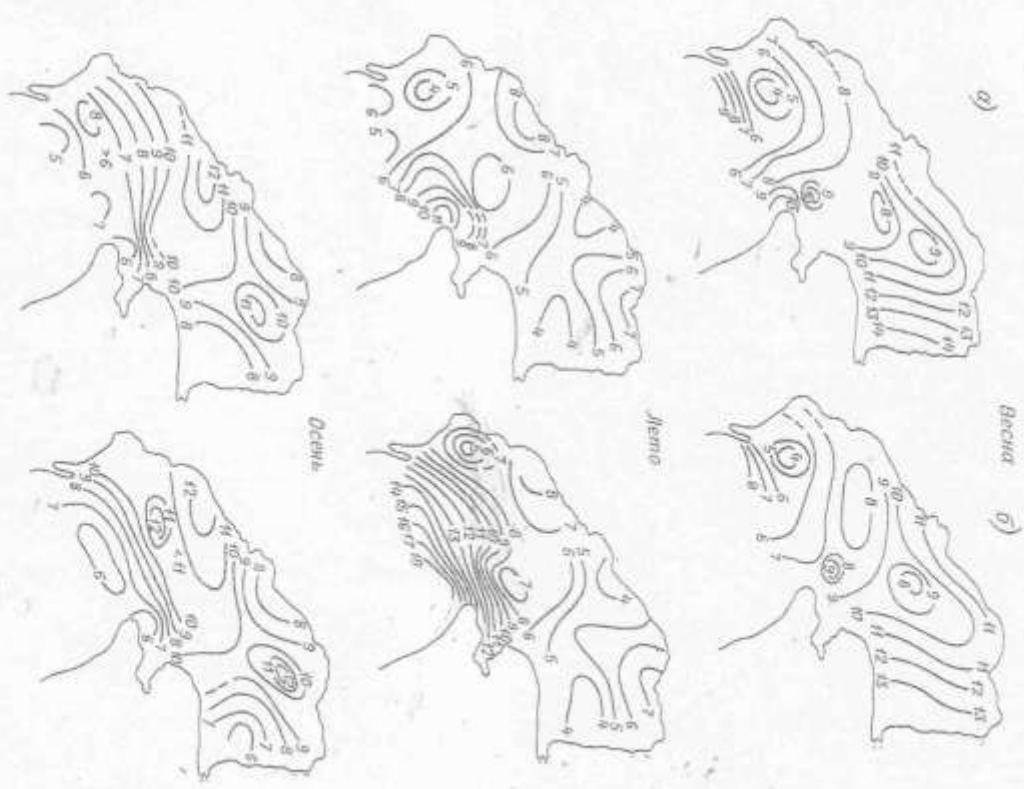


Рис. 3.3. Сезонное распределение R ($^{\circ}\text{C}$).

а — поверхностный слой; б — глубокий слой.

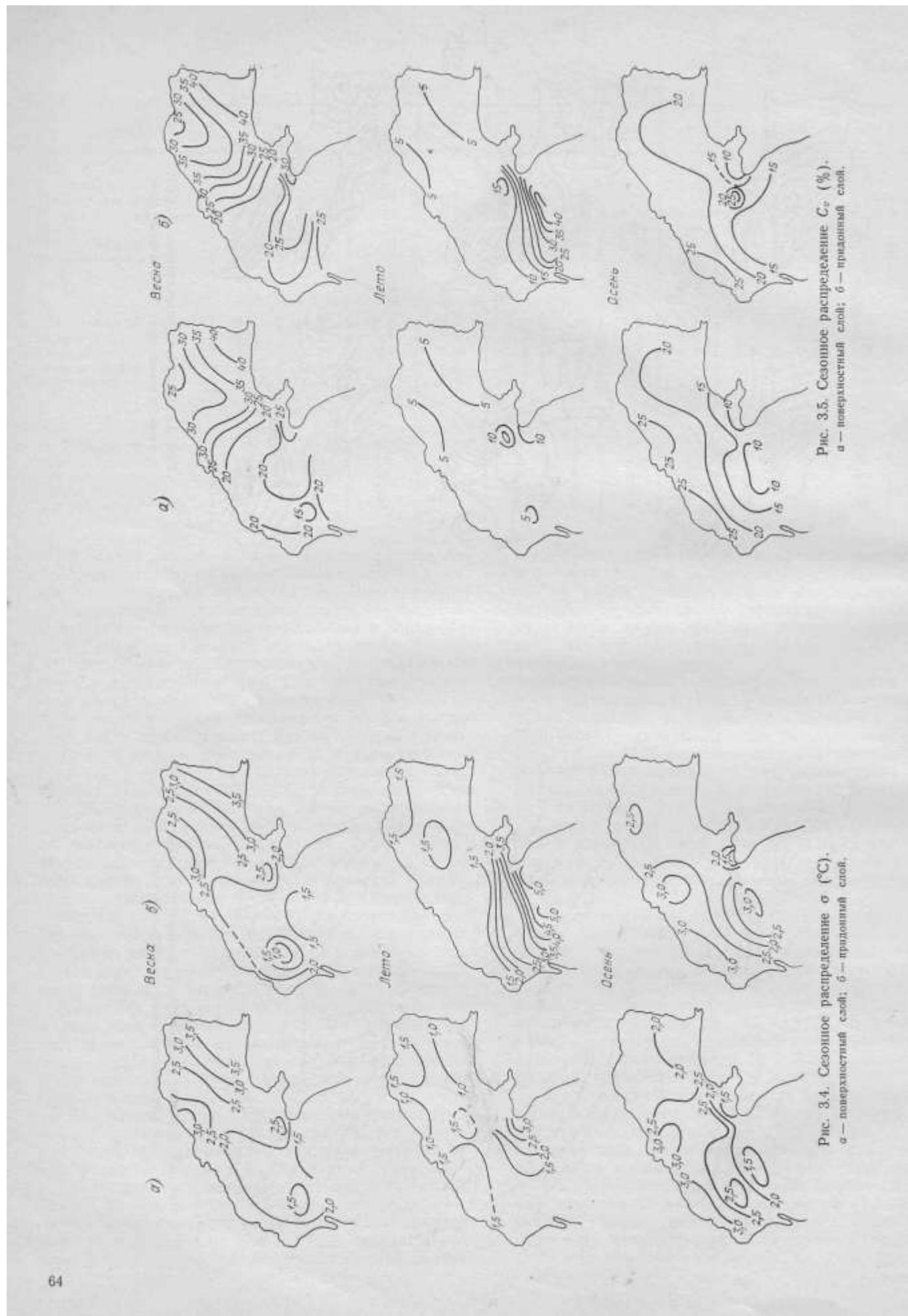


Рис. 3.4. Сезонное распределение σ ($^{\circ}\text{C}$).
а — поверхностный слой; б — придонный слой.

а — поверхностный слой; б — придонный слой.

Рис. 3.5. Сезонное распределение C_v (%).
а — поверхностный слой; б — придонный слой.

а — поверхностный слой; б — придонный слой.

зываются влияние адвекции относительно теплых вод из Среднего Каспия. В восточной части Северного Каспия C_v составляет 2—2,5°C.

Сезонное распределение коэффициента вариации C_v в процентах показано на рис. 3.5. Весной в поверхностном и придонном слоях коэффициент C_v наиболее изменчив, его значение меняется от 15

мируется в апреле у поверхности воды и в августе опускается до горизонтов 15—20 м.

В формировании слоя скачка большую роль играют погодные условия, особенно ветер. При штиле на некоторых станциях значительные градиенты температуры могут наблюдаться непосредственно у поверхности, верхний перемешанный слой

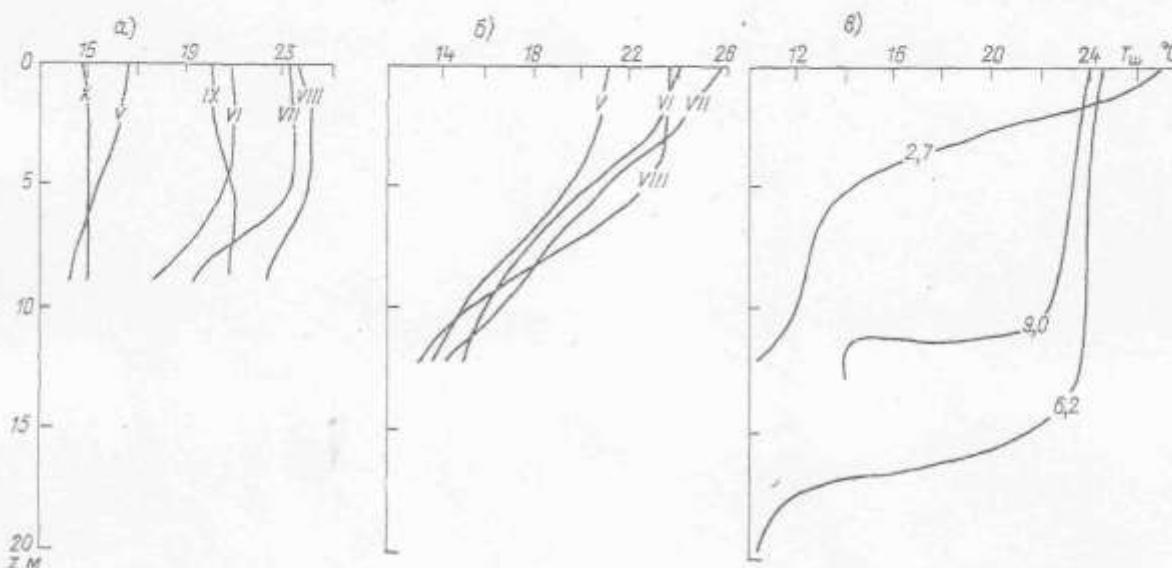


Рис. 3.6. Распределение среднемесячной температуры воды на ст. Астраханский приемный плавмаяк (а), ст. № 4 разреза о. Кулалы — бух. Баутин (б); максимальные градиенты в слое скачка на разных станциях разрезов (в).

до 40 %. Меньшие значения (15—20 %) характерны для западной части, а большие — для восточной.

На придонном горизонте C_v несколько повышается в районе свала глубин и у п-ова Мангышлак (до 25—30 %). Летом C_v составляет примерно 5 % по всему Северному Каспию, кроме мелководий вблизи о. Кулалы, где C_v достигает 15 %, и у п-ова Мангышлак, где $C_v = 10\%$. В приглубой части Северного Каспия C_v достигает 40 % из-за адвекции относительно холодных вод из Среднего Каспия, наблюдающейся в это время.

Осенью C_v снова увеличивается до 20 % во всей восточной части Северного Каспия и до 25 % в районе приустьевого взморья Волги, где мелководья способствуют большой изменчивости средней температуры. В приглубой центральной части Северного Каспия C_v равен 10 %. Такой же характер распределения C_v отмечается и в придонном слое.

3.1.5. Вертикальное распределение температуры воды

Вертикальное распределение температуры воды исследовалось по материалам Астраханского приемного плавмаяка, по данным глубоководных станций «вековых» разрезов II, III, III^a, IV и разреза о. Кулалы — бух. Баутин за 1961—1983 гг.

В глубоководной части Северного Каспия значительные вертикальные градиенты температуры воды 0,8—1,4°C на метр наблюдаются уже с апреля, когда начинается интенсивный прогрев воды. С июня по август при наибольшем прогреве вод вертикальные градиенты в слое скачка температуры достигают 4—8°C на метр. Слой скачка фог

отсутствует. При ветрах сильнее 7 м/с происходит перемешивание верхнего слоя до горизонта 10 м.

В различные годы и месяцы положение слоя скачка температуры не остается постоянным, поэтому при осреднении данных за многолетний период вертикальные градиенты сглаживаются, но характерные точки перегиба прослеживаются довольно хорошо (рис. 3.6 а, б). Максимальные градиенты чаще всего наблюдаются на горизонте 5—9 м и составляют 7—9°C на метр (рис. 3.6 в). Значения максимальных вертикальных градиентов температуры воды приведены в табл. 3.7. По данным «вековых» разрезов III, III^a и ст. Астраханский приемный плавмаяк в мае, июне, июле на свале глубин устанавливается устойчивая стратификация, которая постоянно поддерживается притоком рас-

Таблица 3.7

Максимальные вертикальные градиенты температуры воды в Северном Каспии

Район, разрез	Дата	Положение слоя скачка, м	Градиент, °C/m
III «вековой», ст. № 9 Астраханский приемный плавмаяк	22 IV 1977 1 VII 1976	10—11 7—8	8,5 7,5
III «вековой», ст. № 8	11 VI 1963	14—15	9,5
III «вековой», ст. № 5	16 VIII 1973	16—18	6,2
IV «вековой», ст. № 4 о. Кулалы — бух. Баутин, ст. № 4	4 IX 1964 15 VII 1965	17,5—20 4—5	6,2 4,9

пресиенных вод. Здесь под слоем скачка выделяется зона относительно холодной воды, ширина которой достигает 30 км. Эта зона располагается вдоль всего свала глубин в виде дуги.

Вертикальное распределение среднемноголетней температуры и σ на IV «вековом» разрезе во все

фронтальной зоне развиваются процессы конвективного перемешивания и сползание охлажденных вод в котловину Среднего Каспия. Наблюдающаяся зимой на разрезе о. Чечень — п-ов Манышлак плотность (11,2—11,4 усл. ед.) позволяет этим водам спускаться до самых больших глубин

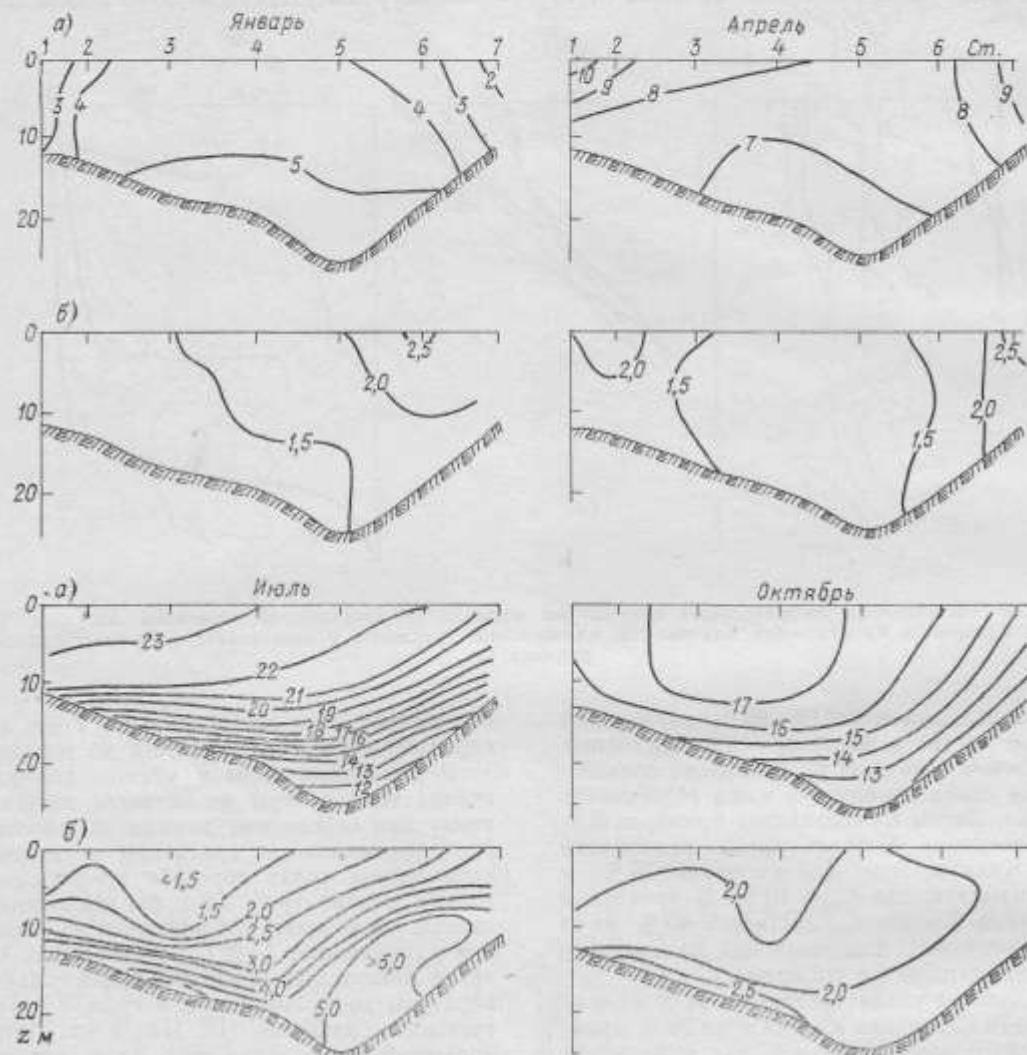


Рис. 3.7. Вертикальное распределение среднемноголетней температуры (а) и среднеквадратического отклонения (б) ($^{\circ}\text{C}$) на разрезе о. Чечень — п-ов Манышлак в январе, апреле, июле и октябре.

сезоны года приведено на рис. 3.7. Большие значения σ (более 5°C) наблюдаются у восточного побережья, что свидетельствует о значительной изменчивости температуры воды в этом районе, особенно летом. Такая же значительная изменчивость температуры воды наблюдается летом на разрезе о. Кулалы — бух. Баутино ($\sigma = 3.5 \dots 4^{\circ}\text{C}$). Весной и осенью в этом районе значения σ достигают 2 и 1.5°C соответственно (рис. 3.8). Зимой в районе IV векового разреза проходит кромка льда. Температура воды здесь близка к температуре замерзания от 0 до -0.5°C , соленость 13—13.2‰. Распределение гидрологических и гидрохимических характеристик хорошо отражает особенности водообмена между Северным и Средним Каспием. Во

в Среднем Каспии. Интенсивность этого процесса зависит от степени охлаждения и осолонения вод в районе кромки льда в различные годы [108].

3.1.6. Многолетние изменения температуры воды

Анализ многолетней изменчивости температуры воды проводился по данным береговых гидрометстанций Северного Каспия. Был рассчитан линейный тренд за 1960—1983 гг. сезонных (для четырех сезонов) и среднегодовых температур станций Пешной, Искусственный остров, Остров Тюлений и Остров Кулалы. Во всех этих пунктах зимой, весной и летом отмечается положительная тенденция со значениями 0.1—2.4°C, а осенью в двух пунк-

тах — отрицательная от $-0,4$ до $-0,5^{\circ}\text{C}$ (табл. 3.8). Тенденция среднегодовой температуры везде положительна ($0,2$ — $0,4^{\circ}\text{C}$) и свидетельствует о небольшом потеплении в Северном Каспии за указанный период.

Исследовалась также тенденция многолетней изменчивости температуры воды в апреле в слое 0—5 м на IV «вековом» разрезе. За тот же период

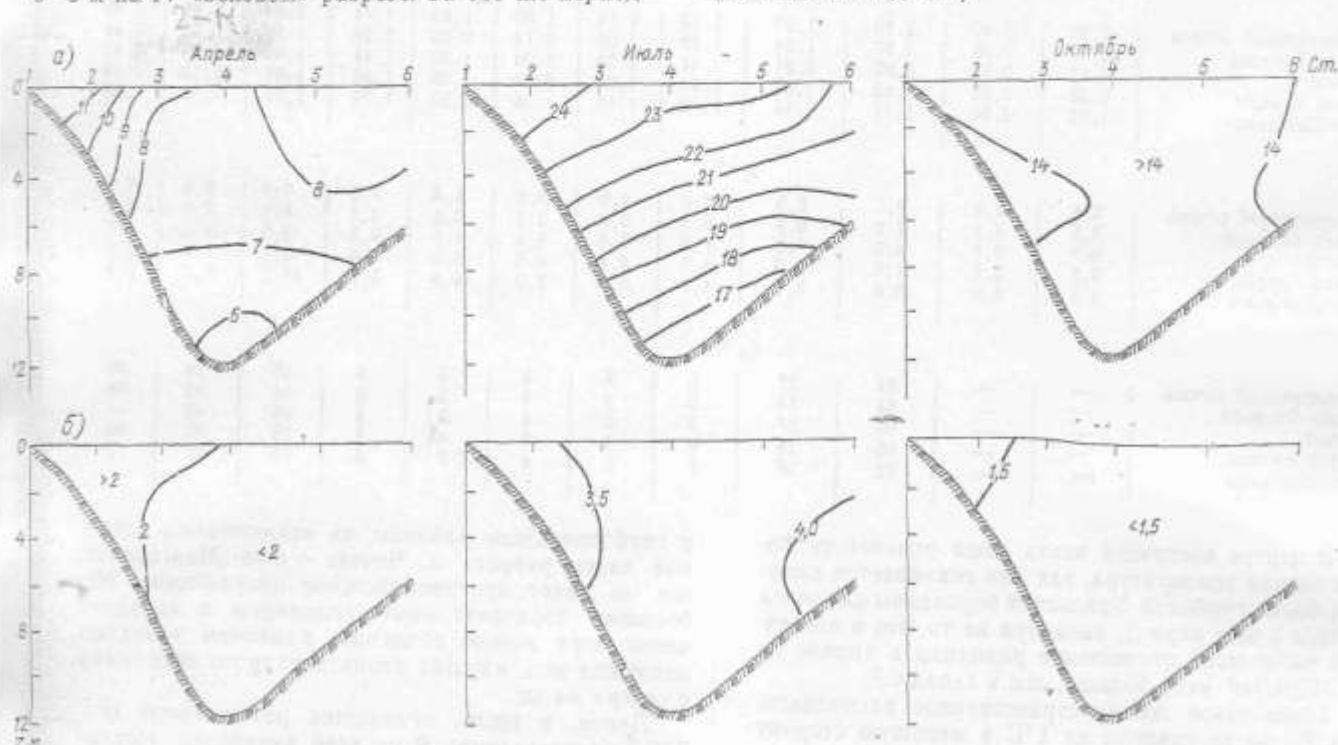


Рис. 3.8. Вертикальное распределение среднегодовой температуры (а) и среднеквадратического отклонения (б) ($^{\circ}\text{C}$) на разрезе о. Куламы — бух. Баутини в апреле, июле и октябре.

она оказалась также положительной ($3,2^{\circ}\text{C}$) и больше, чем на станциях Северного Каспия. Такое одностороннее (однофазное) изменение термических процессов по всему Северному Каспию представляет одну из важнейших особенностей многолетней изменчивости температуры, отмеченную для Каспия ранее Н. М. Книповичем [212], а затем Е. Г. Архиповой [20], Г. К. Ижевским [171], С. И. Потайчуком [311], В. В. Лукьяновым [251]. Еще одной интегральной характеристикой термического состояния Каспийского моря служит ледовитость, изменчивость которой исследовалась разными авторами [236, 313, 314, 339]. В целом за 1928—1984 гг. наблюдается общая тенденция понижения ледовитости Северного Каспия.

Таблица 3.8
Тенденция многолетних изменений сезонной
и среднегодовой температуры воды

Станция	I	IV	VII	X	Среднегодовая
Искусственный остров	0,12	2,36	0,60	0,10	0,44
Пешный	0,88	1,16	0,20	0,46	0,32
Остров Тюлений	0,65	1,18	0,65	-0,36	0,16
Остров Куламы	0,34	1,70	0,36	-0,53	0,20

3.2. Температура воды Среднего и Южного Каспия

Особенности термического режима вод Среднего и Южного Каспия освещены в настоящей работе для прибрежных районов — (по данным ГМС) и открытых акваторий моря (по материалам экспедиционных наблюдений).

Для открытых районов моря основное внимание уделено анализу пространственной изменчивости температуры в различные сезоны года, условиям формирования зон температурных аномалий и слоя скачка. Ввиду отсутствия данных многосерийных станций суточная изменчивость температуры воды за пределами прибрежных участков не рассматривалась.

При освещении термики вод в прибрежной зоне основное внимание обращено на временную изменчивость температуры воды (суточную, сезонную и межгодовую).

3.2.1. Использованные материалы и методика

Исходными материалами для анализа температурного режима вод в прибрежной зоне послужили наблюдения на 36 береговых и островных ГМС (23 на западном побережье, 13 — на восточном).

Наблюдения проводились в основном с 1922—1925 гг. по 1985 г., хотя исходные ряды для некоторых ГМС неоднородны. Для станций, закрытых из-за непрерывности или недавно открытых, использованы более короткие ряды. По действующим ГМС экстремальные значения откорректированы по 1991 г.

Суточный ход температуры воды получен по трехсрочным (в 7, 13 и 19 ч) наблюдениям на 12 ГМС Среднего Каспия и 8 ГМС в южной части моря.

Многолетние изменения температуры воды оценивались по аномалиям среднемесячных температур воды, в которых исключен годовой ход. Аномалии температуры воды у западного побережья рассчитаны по данным ГМС Махачкала, Остров Жилой и Астара, у восточного побережья — ГМС Форт-Шевченко, Бекдаш, Красноводск и Огурчинский остров. Основное внимание уделено устойчивым во времени аномалиям, сохраняющимся более трех месяцев, а также экстремально большим аномалиям, охватывающим обширные прибрежные акватории.

Для анализа вертикальной термической стратификации вод и пространственно-временной изменчивости температуры использованы наблюдения на вековых гидрологических разрезах Дивичи — Кендерли, о. Жилой — м. Куули и о. Куринский Камень — о. Огурчинский в теплый (1975 г.), холодный (1969 г.) и близкий к норме (1985 г.) годы, а также литературные обобщения [14, 299, 329, 412, 455].

Сезонные изменения температуры воды освещены по среднемесячным значениям температуры (многолетним и за отдельные годы) по 36 береговым и островным ГМС. Материалы наблюдений, обобщенные по 1985 г., откорректированы по 1989 г. (частично по 1991 г.).

Информационная база по температуре воды открытых глубоководных акваторий моря составляет более 10 тысяч наблюдений, 55 % которых сосредоточено в поверхностном слое, 35 % — на глубинах до 25 м и только 10 % — в более глубинных слоях.

Практически все глубоководные наблюдения относятся к четырем гидрологическим разрезам: о. Чечень — п-ов Мангышлак (наблюдения до 25 м); Дивичи — Кендерли (наблюдения до 700 м); о. Жилой — м. Куули (наблюдения до 200 м) и о. Куринский Камень — о. Огурчинский (предельный горизонт наблюдений 700 м). Наблюдения на разрезах проводились в феврале, апреле, июле — августе и октябре — ноябре.

Все глубоководные наблюдения за температурой воды сгруппированы по одноградусным квадратам, для которых вычислена средняя температура воды на стандартных горизонтах, затем построены схемы пространственного распределения температуры и графики годового хода. В некоторых случаях отсутствие наблюдений восполнено с помощью графической интерполяции. Для квадратов с ограниченной глубоководной информацией использованы разности температур, вычисленные по квадратам, находящимся в наиболее сходных физико-географических условиях.

3.2.2. Временная изменчивость температуры воды

Суточный ход температуры воды. Диапазон суточных изменений температуры в поверхностном слое воды, обусловленный радиационным балансом, составляет 1—2 °C. В случаях интенсификации перемешивания (при подъеме на поверхность холодных глубинных вод или адвективном переносе) суточные изменения температуры достигают 3—5 °C и более.

Наибольшие суточные колебания температуры наблюдаются в период весеннего прогрева (апрель — май) и осенне-зимнего охлаждения (в сентябре — в прибрежных районах, в октябре — ноябре — в глубоководных).

На мористых акваториях суточный ход температуры воды более слажен. Так, на ГМС Изберг, Нефтяные Камни, Банка Дарвина изменчивость температуры воды в течение суток составляет в среднем 1,0—1,5 °C. Максимальный размах суточных колебаний температуры воды достигает 3,7 (май), 7,9 (август) и 5,4 °C (сентябрь).

Непериодические колебания температуры воды. Непериодические изменения температуры воды проявляются у побережья Среднего Каспия, на участках, расположенных вблизи свала глубин: от Дербента до Низовой Пристани и несколько южнее на западном и от Кендерли до Куули-Маяка на восточном побережье. Эти изменения обусловлены не только тепловым балансом на поверхности моря, но и динамикой вод.

Короткопериодные (в пределах 3—5 сут), значительные (до 12—16 °C) колебания температуры воды у западного побережья чаще всего наблюдаются летом. Они связаны с подъемом холодных глубинных вод с температурой ниже 10 °C в прибрежной зоне, что создает резкий перепад температуры воды от поверхности до дна (рис. 3.9 а).

Вертикальные градиенты температуры достигают 2—3 °C на метр. Непосредственно у побережья образуется полоса холодной воды — зона отрицательных аномалий температуры. Повышение температуры воды в дальнейшем протекает более медленно, иногда до нескольких суток (рис. 3.9 б.). В холодную часть года (декабрь — март) выход глубинных вод сопровождается обратным эффектом — повышением температуры воды у побережья до 9—11 °C у Дербента и до 11—13 °C у Низовой Пристани.

Резкое понижение температуры воды может распространяться до северного побережья Апшеронского полуострова. Так, в августе 1957 г. у о. Артема температура воды за 36 ч понизилась более чем на 9 °C (с 29,1 до 19,8 °C). Аналогичное явление наблюдалось в августе 1950 и 1951 гг. Наиболее резкие контрасты температуры в течение суток зафиксированы в августе 1971 г. С 19 ч 9 августа до 19 ч 10 августа температура воды у северного побережья Апшеронского полуострова понизилась с 24,0 до 14,4 °C. На пляжах южного побережья понижение температуры воды не наблюдалось.

Процесс выхода холодных глубинных вод в прибрежную зону наблюдается не систематически, а лишь при сочетании определенных гидрометеорологических условий, а чаще всего после установления и длительного сохранения умеренных и сильных береговых ветров.

Природа этого явления изучена еще недостаточно. Первые заметки о резком понижении температуры воды у западного побережья Среднего Каспия были сделаны в 1940 г. С. Я. Щербаком [455]. По его мнению, исключительно быстрое (за 12—24 ч) и значительное поднятие на поверхность глубинных вод происходит после усиления юго-восточных ветров до 15 м/с и более.

А. Н. Косарев [222, 224], подтверждая в основном выводы С. Я. Щербака, отмечает, что приглу-

бый берег близ Дербента создает благоприятные условия для вертикального подъема вод — «апвеллинга», обуславливающего резкие понижения температуры воды.

Как показали исследования Н. Д. Клевцовой [208], подъем холодных глубинных вод не ограничивается только побережьем Дагестана, а во мно-

гие берега Среднего Каспия создают благоприятные условия для вертикального подъема вод — «апвеллинга», обуславливающего резкие понижения температуры воды.

Сезонные изменения температуры воды. Согласно Е. Г. Архиповой [14], наиболее интенсивный теплооборот в поверхностном слое моря происходит при температуре воды выше среднегодовых значений. Весенний переход через среднегодовые значения температуры осуществляется в прибрежных мелководных районах 10—25 апреля, а в от-

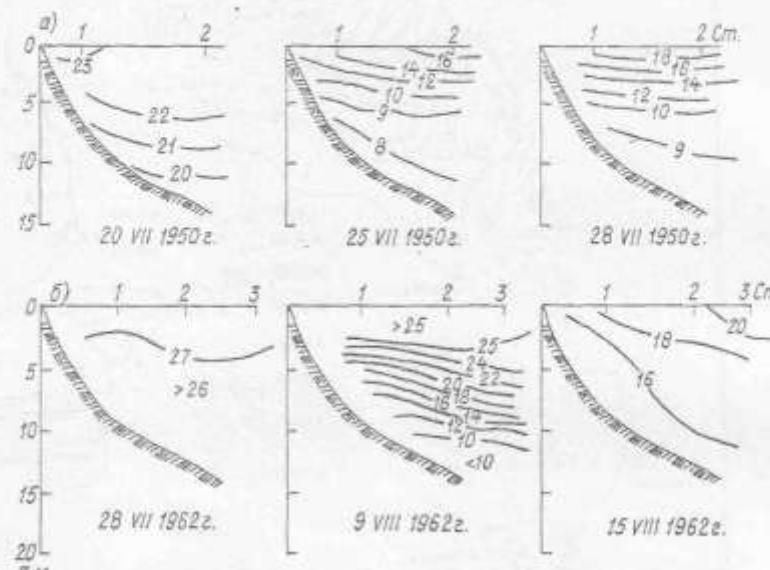


Рис. 3.9. Изменчивость вертикального распределения температуры воды ($^{\circ}\text{C}$) у Дербента (а) и Низовой Пристани (б).

гих случаях распространяется от Махачкалы до Сумгайита и в мористые районы.

У восточного побережья Среднего Каспия выход на поверхность глубинных вод (холодных летом и сравнительно теплых зимой) на обширной акватории от п-ова Манышлак до м. Куули обуславливается ветровыми условиями и соответствующей им динамикой водных масс. Преобладающие в холодное полугодие северо-западные ветры способствуют переносу поверхностных вод от побережья в открытое море и замещению их более теплыми глубинными водами.

В результате на участке побережья от Бекдаша до Куули-Маяка в январе—феврале температура на поверхности повышается до 4—5 $^{\circ}\text{C}$, в то время как в расположенному южнее Красноводском заливе она на 1,0—1,5 $^{\circ}\text{C}$ ниже.

Летом формирование у восточного побережья зоны отрицательных аномалий температуры наблюдается не ежегодно, а лишь при господстве устойчивых и сильных северных ветров вдоль всего побережья. Так, в августе 1959 г. от п-ова Манышлак до о. Огурчинского наблюдались северо-западные ветры. В результате прогретые прибрежные воды были отнесены в открытое море, а непосредственно у берега температура воды понизилась на 5—10 $^{\circ}\text{C}$ (рис. 3.10 а). В 1960 г. при ветрах переменных направлений выхода на поверхность глубинных вод не наблюдалось (рис. 3.10 б). Среднемноголетняя температура воды в зоне температурной аномалии в июне—июле на 5—7 $^{\circ}\text{C}$ ниже, чем у побережий и за пределами зоны подъема глубинных вод (табл. III.27). Размах колебаний средних температур воды в зоне температурной аномалии в июле—августе достигает 10,0—10,7 $^{\circ}\text{C}$ (табл. III.33).

крытом море — в середине мая. Осенний переход наблюдается 20—25 октября на мелководьях и 5—10 ноября на глубоководных акваториях.

Следовательно, в годовом ходе температуры воды для моря в целом реперными являются, отражающими сезонные характеристики температуры, являются: февраль (зима), апрель (весна), июль—август (лето) и ноябрь (осень).

Годовой минимум температуры приходится на февраль. Среднемноголетние ее значения на поверхности моря в феврале составляют 2—4 $^{\circ}\text{C}$ в Среднем Каспии и 6—8 $^{\circ}\text{C}$ в Южном (табл. III.27). В теплые годы средняя температура воды в феврале находится в пределах 3—6 и 7—9 $^{\circ}\text{C}$ у побережий Среднего и Южного Каспия соответственно. В экстремально теплые зимы температура в феврале у мелководных побережий может достигать 10—15 $^{\circ}\text{C}$ (табл. III.28).

В холодные зимы средняя температура воды понижается до 0 $^{\circ}\text{C}$ и ниже ($-0,6 \dots 0,8^{\circ}\text{C}$), и вдоль побережья Среднего Каспия развиваются ледовые процессы. В экстремально холодные зимы при мощных затонах арктического воздуха из акватории моря установление отрицательных значений температуры воды у побережья (до $-0,3 \dots -0,5^{\circ}\text{C}$) сопровождается процессами ледообразования даже в южной части моря (зимы 1924—25, 1953—54 гг.). Отрицательные аномалии средних температур воды в феврале достигают $-4 \dots -5^{\circ}\text{C}$ (1969, 1972 гг.) (табл. III.29).

Диапазон колебаний срочных температур воды (различие значений абсолютного за месяц максимума и минимума) в феврале у западного побережья Среднего Каспия изменяется от 8 $^{\circ}\text{C}$ (Махачкала, Изберг) до 15—16 $^{\circ}\text{C}$ (у Апшеронского полуострова). У восточного побережья размах ко-

лебаний срочных температур воды превышает 10°C (Форт-Шевченко), 17°C (Кендерли).

От февраля к марта радиационный прогрев моря несколько усиливается и средняя температура воды повышается за месяц на 1,5—2,5°C у западного побережья и на 3—4°C у восточного (табл. III.32).

ваются у западного побережья Среднего Каспия (у Махачкалы —5,1°C в 1954 г.), что обуславливается сохранением ледяного покрова у побережья до апреля.

В Южном Каспии средняя температура воды повышается от марта к апрелю у западного побережья на 4°C у о. Святого и 5°C у Зюйдстового

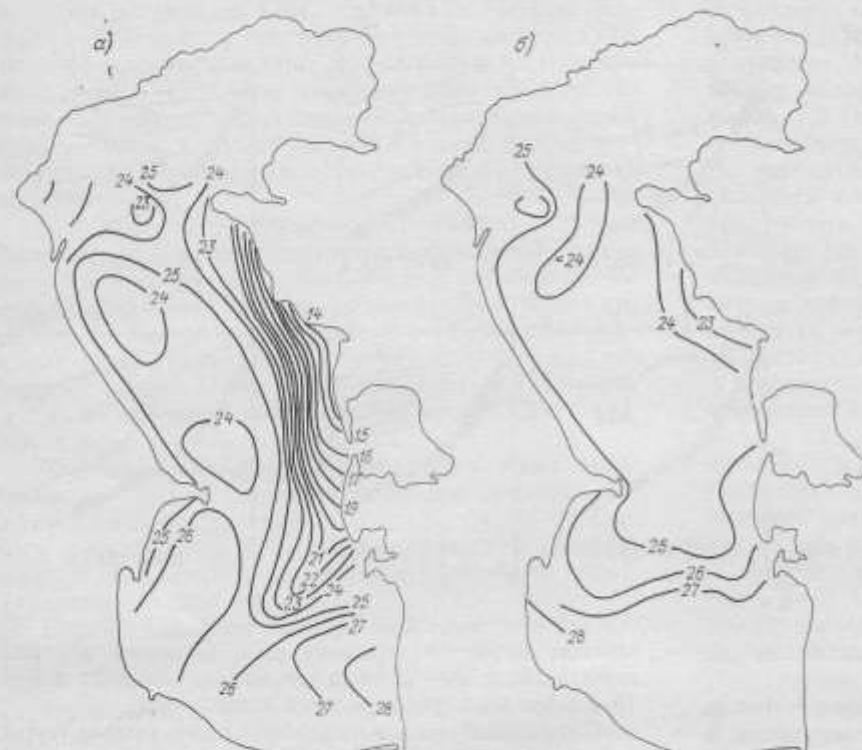


Рис. 3.10. Пространственное распределение температуры поверхности моря (°C) в августе 1959 г. (а) и 1960 г. (б).

От марта к апрелю наиболее интенсивно прогревается поверхностный слой воды у восточного побережья Среднего Каспия. Здесь температура воды повышается от 4 до 7°C за месяц. Это объясняется разнообразием физико-географических условий (бухты, заливы, открытые участки берега).

У западного побережья резкое повышение температуры воды, превышающее 5—6°C за месяц, наблюдается позже, от апреля к маю (табл. III.32). Запаздывание сроков прогрева обусловлено адвекцией холодных талых вод, распространяющихся из Северного Каспия на юг вдоль западного побережья Среднего Каспия.

В апреле прибрежные воды в этом районе прогреваются до 10°C и несколько выше, а у восточного побережья — до 10—12°C. На открытых акваториях интенсивность повышения температуры воды несколько ниже. Средние ее значения составляют около 8—9°C (Изберг 8,1°C, Банка Дарвина 8,8°C, Нефтяные Камни 9,1°C). В теплые годы средняя температура воды на 2—3°C превышает многолетние значения (табл. III.28). В экстремально теплые годы (1948, 1962, 1976 гг.) положительные аномалии средних температур достигали 3—4°C (табл. III.34).

В холодные годы средняя температура воды в апреле повсеместно ниже многолетней на 2—5°C у западного побережья и на 1—3°C — у восточного. В экстремально холодные и ледовитые зимы весьма значительные отрицательные аномалии устанавлива-

ются в Култуке, у восточного — несколько больше: от 4,4°C у Ашур-Аде до 5,7°C у Гасан-Кули. В теплые годы средняя температура воды в апреле составляет 16,4—17,6°C у западного побережья и 17,5—19,9°C — у восточного. В экстремально теплые годы (1951 г.) положительные аномалии средних температур воды достигают 3,4°C у Астара и 3,6°C у о. Огурчинского. В холодные годы средняя температура воды в апреле ниже многолетних значений более чем на 2°C (табл. III.30). В экстремально холодные сезоны аномалии средних температур воды достигают —2,2 (Огурчинский остров, 1969 г.), —2,8°C (Астара, 1954 г.) (табл. III.34).

Максимальный размах средних температур воды в апреле равен 8,7°C в Махачкале и более 10°C в Гасан-Кули (табл. III.33).

От апреля к маю значительное повышение средних температур воды (до 5—6°C за месяц) наблюдается у западного побережья Среднего Каспия. У восточного побережья на участках, где ледяной покров сохраняется до конца марта — начала апреля, интенсивность повышения температуры от апреля к маю превышает 7°C за месяц (Александровский Бай 7,0, Кендерли 7,3, Форт-Шевченко 7,4°C). На остальных акваториях восточного побережья приращение средних температур воды за месяц за тот же период изменяется от 4,8 (Челекен) до 6,2°C (Шевченко).

С июня радиационный прогрев несколько ослабевает вследствие увеличения эффективного излу-

чения с поверхности моря. Однако существенную роль в изменениях температуры воды играет адвективный перенос вдоль западного побережья Среднего Каспия вод, быстро прогреваемых на мелководьях Северного Каспия. В результате средняя температура воды у западного побережья Среднего Каспия от мая к июлю повышается на 5—6°C, в то время как у восточного побережья ее повышение за это время не более 4,3°C (табл. ПII.32).

От июня к июлю интенсивность прогрева продолжает ослабевать из-за роста эффективного излучения с поверхности моря. Средняя температура воды увеличивается за месяц на 2,5—3,5°C у западного побережья и на 2—4°C — у восточного.

С ростом потерь тепла с поверхности моря при увеличении эффективного излучения и внутриводного теплообмена, способствующего передаче тепла в нижележащие слои, интенсивность прогрева от июля к августу резко ослабевает и приращение температуры воды за месяц не превышает 1,0—1,5°C. Исключение составляют участки восточного побережья, расположенные в зоне температурной аномалии, прогрев поверхностных вод продолжается до конца августа. Различие средних температур от июля к августу составляет 2,3—3,3°C (табл. ПII.32).

В августе, в период максимального прогрева поверхностного слоя воды, средняя температура, повышаясь к югу, изменяется у западного побережья от 22 до 26°C. У восточного побережья распределение температуры нарушается в зоне апвеллинга (от Бекдаша до Куули-Маяка), где в течение почти всего сезона средняя температура воды на 5—7°C ниже, чем на более северных участках побережья (табл. ПII.27).

К югу от зоны аномалии средняя температура воды в августе превышает 25°C (Красноводск 25,9°C). К северу от этой зоны средняя температура составляет 24,8 (Коса Ада) — 23,3°C (Александров-Бай). В теплые годы средняя температура воды в августе превышает многолетние значения на 1,5—2,5°C у западного побережья и на 1,5—3,0°C — у восточного. В зоне температурной аномалии это различие составляет 3,5—5,9°C. В аномально теплые годы положительные аномалии средних температур воды могут достигать 3,7 (Шевченко, 1976 г.), 4,0°C. (Кара-Богаз-Гол, 1930 г.).

В холодные сезоны при интенсивном выхолаживании поверхностных вод средняя температура воды оказывается на 3—5°C ниже многолетней. В экстремально холодные годы отрицательные аномалии средней температуры воды превышают —5°C (табл. ПII.34).

В Южном Каспии в августе поверхностные воды прогреваются в среднем до 26—27°C и несколько выше. В теплые годы температура воды повышается до 29—30°C. В экстремально теплые годы (1927 г.) положительные аномалии достигают 3°C и более. В холодные годы средняя температура воды в августе понижается до 23—24°C.

От августа к сентябрю средняя температура воды понижается на 2—3°C. У восточного побережья к северу от Бекдаша охлаждение более интенсивное и понижение температуры составляет 4,5—5,0°C за месяц. В последующие два месяца при резком понижении температуры воздуха и установлении слабых морозов средняя температура

воды понижается от сентября к октябрю и от октября к ноябрю на 4—6°C за месяц у западного побережья и на 4—7°C — у восточного.

Ноябрь является переломным месяцем перехода осенних процессов к зимним. У западного побережья Среднего Каспия средняя температура воды понижается с юга на север с 12—14°C у Апшеронского полуострова до 8—10°C у Аграханского полуострова. У восточного побережья она изменяется от 5—7°C на участке Шевченко — Бекдаш до 10—12°C — у Красноводского залива (табл. ПII.27).

В теплые годы средняя температура в ноябре у побережья Среднего Каспия на 2—3°C выше многолетней (табл. ПII.28). В аномально теплые годы положительные отклонения средних температур достигают 3,2°C. Максимальная положительная аномалия средней температуры в ноябре наблюдалась в Сумгайте (3,5°C, 1952 г.).

В холодные годы при интенсивном выхолаживании поверхностных вод средняя температура воды опускается на 3—5°C ниже многолетней. В холодные годы аномалии средних температур превышают 3—4°C. В зависимости от направления переноса холодного воздуха над Каспием очаги отрицательных аномалий располагаются у западного побережья Среднего Каспия (—5,3°C, о. Жилой, 1931 г.), либо у восточного (—3,8°C, Шевченко, 1976 г.). В исключительно холодную «зиму века» 1953—54 г. в ноябре поле отрицательных аномалий (до —3...—4°C) охватило всю акваторию моря. Максимальные отклонения средних температур в ноябре 1953 г. достигли —4,1°C у западного побережья (Махачкала) и —4,5°C — у восточного (Кара-Богаз-Гол).

В Южном Каспии средняя температура воды в ноябре изменяется от 11 до 15—16°C. В теплые годы у юго-восточного побережья моря она повышается до 18°C. В экстремально теплые годы (1927, 1974 гг.) положительные аномалии средних температур у восточного побережья достигали 3°C (о. Огурчинский, 1967, 1974 гг.), 3,2°C (Куули-Маяк, 1927 г.). В холодные годы средняя температура в ноябре опускается на 4—5°C ниже многолетней. В экстремально холодную зиму 1953—54 г. в ноябре очаг отрицательных аномалий, превышающих —4...—5°C, располагался у юго-восточного побережья (табл. ПII.34).

От ноября к декабрю интенсивность понижения средних температур несколько снижается, составляя 3—5°C за месяц в Среднем Каспии и до 4—6°C — в Южном (табл. ПII.32). От декабря к январю у побережья Среднего Каспия средняя температура воды понижается на 2—3°C.

От января к февралю у западного побережья, где происходит адвекция холодных вод из Северного Каспия, сохраняется незначительное понижение средней температуры воды, до 1,0—1,4°C за месяц. В южной части моря и у восточного побережья Среднего Каспия средняя температура воды от января к февралю не изменяется либо незначительно повышается. Размах колебаний средней температуры воды в январе составляет 5—7°C у западного побережья и 7—9°C вдоль восточного побережья.

Годовой размах среднемесячной температуры воды у западного побережья Среднего Каспия изменяется от 19,3 (Нефтяные Камни) до 22,0°C

(Изберг, Дербент), а у восточного побережья — от 17,3 (Бекдаш) до 24,8°C (Кендерли). В южной части моря годовой размах составляет от 20,8 (Астара, Челекен) до 22,7°C (Огурчинский остров).

С глубиной колебания средней температуры воды уменьшаются. На горизонтах 25—50 м она примерно в два раза меньше, чем на поверхности. На горизонте 50 м годовая разность температуры в Южном Каспии — от 2,5 до 5,0°C, в Среднем

Каспии — от 5,4 (Коса Ада), 7,8°C (Кендерли). На участке побережья от Бекдаша до Куули-Маяка наибольший размах колебаний (10,7—11,5°C) наблюдается в период максимального прогрева (июль—август). В Южном Каспии у восточного побережья резкие колебания средних значений температуры воды отмечаются в октябре, в период интенсивного охлаждения. Размах средней температуры уменьшается

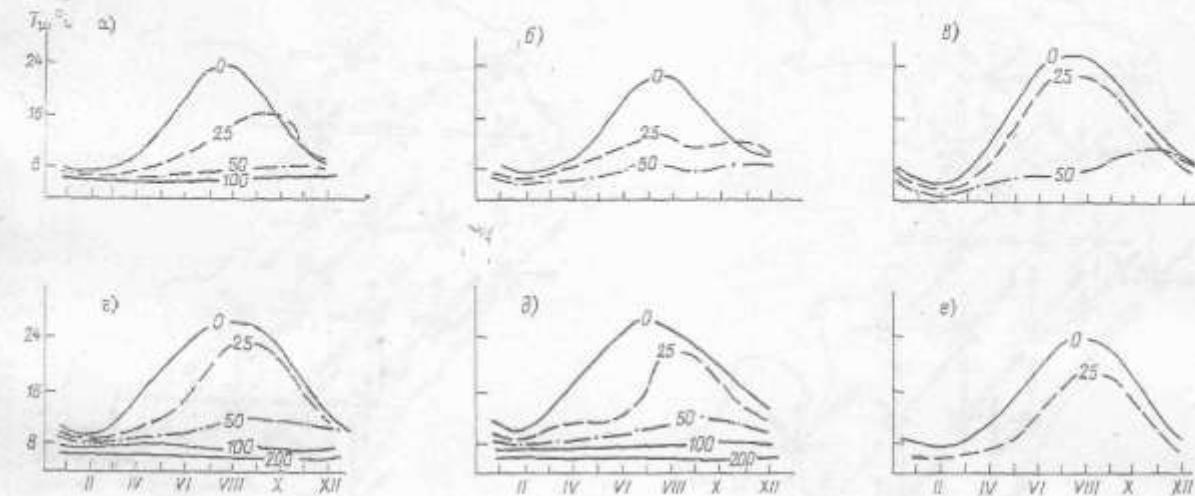


Рис. 3.11. Годовой ход температуры воды в слое 0—200 м [20].
а — кв. 26; б — кв. 31; в — кв. 35; г — кв. 45; д — кв. 51; е — кв. 48.

Каспии на горизонте 100 м — около 2,8°C. На глубинах более 200 м изменения температуры менее 1°C.

Одновременно с уменьшением размаха с глубиной наблюдается смещение фаз годового хода температуры воды, связанное с процессами внутриводного теплообмена (рис. 3.11). Максимум температуры на поверхности моря наблюдается в августе; на горизонтах 25—50 м он приходится на вторую половину октября, а на горизонте 100 м — на конец ноября — начало декабря.

Минимум температуры воды в холодном полугодии благодаря осенне-зимней конвекции и турбулентному перемешиванию может наблюдаться в слое 0—100 м почти одновременно. В случае ослабления процессов перемешивания минимум температуры на горизонте 100 м запаздывает на 15—25 дней относительно поверхностного.

Многолетняя изменчивость температуры воды. Общим показателем наибольшей многолетней изменчивости среднемесячных значений температуры воды за весь исходный ряд служит размах ее колебаний (табл. ПII.33). Как следует из таблицы, наибольшая изменчивость температуры воды приходится на холодное полугодие, когда размах достигает у западного побережья Среднего Каспия 7,9°C в феврале и 8,6°C в апреле. Для акваторий, примыкающих к Апшеронскому полуострову и несколько южнее (Свиной остров), максимальные изменения среднемесячных температур воды характерны для осеннего сезона. Они достигают у о. Артема 8,5°C в сентябре и у о. Жилого 13°C в октябре.

У восточного побережья, от зал. Александр-Бай до района Коса Ада, размах колебаний темпера-

туры невелик, максимум его в марте составляет 5,4 (Коса Ада), 7,8°C (Кендерли). На участке побережья от Бекдаша до Куули-Маяка наибольший размах колебаний (10,7—11,5°C) наблюдается в период максимального прогрева (июль—август).

В Южном Каспии у восточного побережья резкие колебания средних значений температуры воды отмечаются в октябре, в период интенсивного охлаждения. Размах средней температуры уменьшается с севера на юг от 12,7°C у п-ова Челекен до 4,7°C в Ашур-Аде.

Более детальную оценку многолетней изменчивости термических условий дает анализ полей аномалий температуры поверхностного слоя воды (в которых исключен ее годовой ход, обусловленный радиационным балансом). Как показали результаты анализа, в преобладающем большинстве случаев (86—97%) изменение тенденций аномалий температур воздуха и воды происходит одновременно (табл. 3.9). Противоположная тенденция изменения аномалий наблюдается значительно реже. Вероятность асинхронности тенденций аномалий — до 3—14 %.

Аномалии среднемесячных температур воды формируются при установлении над акваторией моря и прилегающим побережьем устойчивых ат-

Таблица 3.9

Частота (%) синхронных и асинхронных изменений тенденции аномалий среднемесячных значений температур воды и воздуха

Макро- область	Северо- Запад	Астрахань	Форт-Шевченко	Бакай	Красно- поле	Огурчин- ский полуостров
Совпадение тенденций аномалий (синхронность)						
п мес	608	595	545	587	481	627
P %	90,5	97,2	94,5	85,8	89,1	93,3
Несовпадение тенденций аномалий (асинхронность)						
п мес	64	17	31	97	59	45
P %	9,5	2,8	5,5	14,2	10,7	6,7
						5,6

Таблица 3.10

Значительные и устойчивые во времени аномалии среднемесячных значений температуры воды

Станция	Положительные аномалии				Отрицательные аномалии			
	период сохранения	л мес	макс. A_{T_w}		период сохранения	л мес	макс. $-A_{T_w}$	
			*С	дата			*С	дата
Махачкала	VII 1937—VIII 1938	13	3,4	IX 1937	IX 1941—IV 1942	8	-3,1	III 1942
Остров Жилой	III 1937—I 1938	11	2,8	IX 1937	X 1941—IV 1942	7	-1,9	XIII 1941
Астра	VII 1937—II 1938	8	3,0	IX 1937	XI 1941—IV 1942	6	-2,0	XII 1941
Форт-Шевченко	XI 1937—V 1938	7	3,0	XII 1937	X 1941—VI 1942	9	-3,9	II 1942
Бекдаш	VII 1937—XI 1937	5	4,4	IX 1937	II 1942—V 1942	4	-2,6	III 1942
Огурчинский остров	nc	nc	nc	nc	II 1942—IV 1942	3	-2,0	II 1942
Махачкала	XI 1947—VII 1948	9	4,5	I 1948	X 1953—V 1954	8	-5,0	IV 1954
Остров Жилой	XI 1947—VII 1948	9	2,5	I 1948	X 1953—V 1954	8	-4,1	II 1954
Астра	XI 1947—V 1948	7	3,3	I 1948	IX 1953—V 1954	9	-4,7	XI 1953
Форт-Шевченко	XI 1947—VIII 1948	8	3,3	I 1948	XI 1953—VI 1954	8	-3,4	XI 1953
Бекдаш	XI 1947—III 1948	5	5,5	II 1948	X 1953—IV 1954	7	-4,2	XI 1953
Огурчинский остров	XI 1947—VIII 1948	10	3,2	I 1948	X 1953—V 1954	8	-4,6	XI 1953
Махачкала	XII 1961—IV 1962	5	3,7	VI 1962	XI 1968—XI 1969	13	-4,9	IV 1969
Остров Жилой	XI 1961—VIII 1962	10	3,2	III 1962	I 1969—XI 1969	11	-2,6	II 1969
Астра	XI 1961—V 1962	7	3,7	III 1962	I 1969—XI 1969	11	-4,3	III 1969
Форт-Шевченко	XII 1961—VI 1962	7	3,7	III 1962	XI 1968—XI 1969	13	-2,7	III 1969
Бекдаш	XI 1961—VII 1962	9	2,6	III 1962	VI 1968—V 1969	11	-3,3	III 1969
Огурчинский остров	I—V 1962	5	3,1	I 1962	I 1969—XI 1969	11	-4,6	I 1969
Махачкала	XII 1965—VIII 1966	9	3,5	II 1966	I 1972—IV 1972	4	-2,6	III 1972
Остров Жилой	XII 1965—VIII 1966	9	3,5	III 1966	I 1972—IV 1972	4	-2,8	II 1972
Астра	XII 1965—IV 1966	5	3,3	I 1966	I 1972—V 1972	5	-4,9	II 1972
Форт-Шевченко	XII 1965—V 1966	6	3,4	III 1966	I 1972—IV 1972	4	-2,9	III 1972
Бекдаш	XII 1965—III 1966	4	3,9	I 1966	I 1972—IV 1972	4	-3,6	II 1972
Огурчинский остров	XI 1965—IV 1966	6	3,8	I 1966	XII 1971—IV 1972	5	-4,9	II 1972
Махачкала	XI 1974—VI 1975	8	2,5	V 1975	X 1976—XII 1976	3	-3,7	1976
Остров Жилой	X 1974—VII 1975	10	2,2	VI 1975	X 1976—I 1977	4	-3,2	I 1977
Астра	X 1974—VII 1975	10	2,4	V 1975	X 1976—I 1977	4	-3,9	I 1977
Форт-Шевченко	XI 1974—IX 1975	11	3,2	XI 1974	IX 1976—II 1977	6	-4,1	X 1976
Бекдаш	I 1975—X 1975	10	5,8	VII 1975	X 1976—II 1977	5	-3,2	II 1977
Огурчинский остров	I 1975—IX 1975	9	2,0	VII 1975	X 1976—II 1977	5	-3,9	I 1977

мосферных процессов. В зависимости от направления переноса воздушных масс и степени их прогрева или охлаждения над сушей на акваторию моря поступают хорошо нагретые либо сильно охлажденные воздушные массы. В процессе последующего теплообмена на границе вода — воздух происходят прогрев (при адвекции тепла) или охлаждение поверхностных вод (при адвекции холода) и формирование соответствующих им положительных (A_{T_w}) или отрицательных аномалий ($-A_{T_w}$) температуры воды.

При стабилизации циркуляционных процессов над Восточной Европой и Каспием на поверхности моря формируются значительные по величине и устойчивые во времени аномалии средних температур воды, сохраняющиеся до 3—5 мес и более (табл. 3.10).

В теплом полугодии формирование положительных аномалий среднемесячных температур воды (A_{T_w}) происходит при установлении над Каспийским морем слабоградиентного барического поля или преобладании западно-восточного переноса, сопровождаемого адвекцией теплого воздуха, сформированного над Средиземным морем. В такие годы над Каспием преобладает маловетреная солнечная погода, процесс радиационного прогрева практически не нарушается длительное время и аномалии средних температур воды достигают 2—3°C и более.

Максимальные положительные аномалии в центрах очагов составили в Красноводске 2,9°C (август 1937 г.), в Махачкале 3,7°C (июнь 1962 г.),

на о. Жилом 2,2°C (июнь 1975 г.), в Бекдаше 5,8°C (июль 1975 г.), в Кара-Богаз-Голе 6,2°C (июль 1975 г.), у о. Огурчинского 3,9°C (июнь 1948 г.).

Небольшую роль в формировании положительных аномалий играет перенос из районов Средней Азии. В закрытых бухтах и заливах (Кендерли, Красноводский залив) эффект радиационного прогрева усиливает теплообмен поверхностных слоев воды с прогретым воздухом и средняя температура воды может повышаться до 30—31°C (табл. III.28). С другой стороны, господство восточных ветров предопределяет подъем холодных глубинных вод на некоторых участках побережья (Бекдаш, Кули-Маяк) и резкое понижение температуры воды.

Отрицательные аномалии средних температур ($-A_{T_w}$) в теплом полугодии устанавливаются при частых прохождениях циклонов через Каспийское море. Резкое усиление северных ветров в тылу циклонов сопровождается ветровым перемешиванием, усилением внутриводного теплообмена и понижением температуры на поверхности воды. При таких ситуациях у побережья и на мористых акваториях устанавливаются отрицательные аномалии средних температур, превышающие -2...-3°C. Экстремальные отрицательные аномалии средних температур достигали -5,1°C в Махачкале (июнь 1950 г.), -4,7°C в Бекдаше (август 1950 г.), -3,6°C на о. Жилом (июль 1961 г.).

В холодное полугодие положительные аномалии средних температур воды формируются при установлении над морем западно-восточного переноса воздушных масс. Перемещение на акваторию Кас-

ния средиземноморских циклонов сопровождается адвекцией тепла и установлением устойчивых во времени положительных аномалий, превышающих 2–3°C.

В 1937 г. положительные аномалии сохранялись с июля по октябрь. Их очаг располагался в Среднем Каспии. Максимальные аномалии, зафиксированные в сентябре, достигали 3,4°C у Махачкалы и 4,4°C в Бекдаше.

Положительные аномалии сохранялись с ноября 1943 г. по август 1944 г. Очаг аномалий располагался у восточного побережья. Максимальные аномалии зафиксированы у о. Огурчинского (3,2°C в январе) и в Красноводской бухте (4,1°C в марте).

Положительные аномалии повсеместно сохранялись с сентября 1947 по июль 1948 г. Максимальные аномалии средних температур достигали в январе 4,5°C (Махачкала) и в феврале 3,4°C (Красноводск).

Зона однородных положительных аномалий средних температур воды установилась у восточного побережья Среднего Каспия в ноябре–декабре 1961 г., где сохранялась до мая–июня 1962 г. Почти повсеместно аномалии средних температур составляли 3,1–3,7°C.

Положительные аномалии, установившиеся в ноябре–декабре 1965 г. на акватории Среднего и Южного Каспия, сохранялись до мая–июня 1966 г. у восточного побережья и до августа у западного. Положение очагов аномалий не было стабильным. В январе 1966 г. очаг аномалий располагался в Красноводском заливе ($A_{T_w} = 4,0^{\circ}\text{C}$), в феврале он переместился к Махачкале ($A_{T_w} = 3,5^{\circ}\text{C}$), а в марте – в район Форт-Шевченко ($A_{T_w} = 3,4^{\circ}\text{C}$).

Поле положительных аномалий средних температур воды, сформированное в октябре 1974 г. и сохранившееся до июля 1975 г., характеризовалось нестабильностью положения очагов аномалий. В октябре 1974 г. очаг аномалий до 2,2–2,4°C сформировался у юго-западного побережья. В январе 1975 г. положительные аномалии установились у восточного побережья, в марте–апреле – в южной части моря. Очаг высоких положительных аномалий (до 5,8°C) располагался у Бекдаша.

Поля отрицательных аномалий температуры воды в холодном полугодии устанавливаются при активизации арктического или сибирского максимумов, обусловливающих адвекцию холодных воздушных масс на акваторию моря.

При активизации арктического максимума и вторжении холодных воздушных масс на Каспийское море по полярной (с Баренцева моря) и ультраполярной (с Карского моря) осиам наиболее резкое понижение температуры воды происходит в Северном и Среднем Каспии, где формируются значительные и устойчивые во времени отрицательные аномалии средних температур воды.

В экстремально холодном полугодии 1953–54 г. в сентябре–октябре по всей акватории моря начало формироваться устойчивое поле отрицательных аномалий средних температур воды, сохранившееся до апреля–мая 1954 г. Предельно высокие отрицательные аномалии от –4,2 до –4,8°C зафиксированы в ноябре 1953 г. вдоль восточного побережья моря. При повторном мощном вторжении

холодного воздуха на акваторию моря в феврале 1954 г. аномалии средних температур достигли –4,1°C у о. Жилого, –3,9°C в Красноводске, –3,1°C в Бекдаше, –4,9°C на о. Огурчинском. Однородное поле отрицательных аномалий температуры воды сохранялось до мая–июня 1954 г.

Аномально холодным было полугодие 1968–69 г. Отрицательные аномалии средних температур воды установились в ноябре 1968 г. После повторного мощного похолодаания средняя температура воды в январе оказалась на 4,6°C ниже нормы в Красноводске и на о. Огурчинском. После очередного похолодаания в марте аномалии средних температур воды достигли –3,3°C в Бекдаше, –4,6°C в Астаре и –4,9°C в Махачкале. Отрицательные аномалии температуры воды сохранялись от 6 до 11 мес.

В зимы активизации сибирского максимума очаги устойчивых отрицательных аномалий температуры воды располагаются преимущественно у восточного побережья. Так, в зиму 1941–42 г. в очагах отрицательных аномалий значения аномалий в феврале достигли –2,6°C в Бекдаше и –3,9°C в Форт-Шевченко.

В зиму 1944–45 г. очаг отрицательных аномалий средних температур воды располагался в юго-восточной части моря. Максимальная аномалия зафиксирована в декабре 1944 г. (о. Огурчинский, –6,3°C). В холодном полугодии 1976–77 г. очаг аномалий в октябре находился в северо-восточной части моря (Форт-Шевченко, –4,1°C).

3.2.3. Термическая стратификация вод

Формирование температурного режима на поверхности моря и в толще вод определяется тепловым балансом на границе вода – воздух и интенсивностью теплообмена между поверхностными и глубинными слоями воды.

Обычно за «деятельный» принимают слой толщиной 0–200 м, на нижней границе которого еще прослеживается годовой ход температуры воды. В Каспийском море уже на горизонте 100 м сезонная изменчивость температуры весьма незначительна [20]. Поэтому здесь за нижнюю границу деятельного слоя принимают горизонт 100 м.

Описание термической стратификации вод дано по наиболее характерным месяцам климатических сезонов, отражающим процессы прогрева и охлаждения водных масс (февраль–апрель, август–ноябрь).

В феврале – месяце наибольшего охлаждения вод – в южных районах Северного Каспия в слое 0–25 м вертикальная стратификация температуры весьма мала. В Среднем и Южном Каспии вертикальное распределение температуры воды в пределах деятельного слоя (0–100 м) также отличается однородностью.

В южных районах Северного Каспия температура воды на поверхности несколько ниже, чем в придонных слоях, что является следствием эффективного излучения с поверхности моря. Значения ее в среднем изменяются от 2,4–4,2°C на поверхности до 3,4–4,5°C на горизонте 10 м в умеренные зимы, от 3,8–6,6 до 3,7–6,6°C – в теплые и от –0,4... 2,1 до –0,4... 2,9°C – в холодные. Небольшие различия температуры воды на поверхности и на горизонтах 10, 25 м объясняются интен-

сивым конвективным и ветровым перемешиванием на мелководье. В холодные зимы близ побережья п-ова Мангышлак может отмечаться слабая инверсия — повышение температуры на горизонте 10 м. Это объясняется адвекцией вдоль восточного побережья более теплых и соленых среднекаспийских вод.

В Среднем Каспии в районах с глубинами более 25 м средняя температура воды в пределах деятельного слоя незначительно понижается с глубиной — от 6,8—7,9°C на поверхности до 5,9—7,4°C на горизонте 100 м в умеренные зимы, от 7,6—8,4 до 6,8—8,0°C — в теплые и от 5,7 до 5,5°C — в холодные.

Вертикальные градиенты температуры воды на нижней границе деятельного слоя в умеренные, теплые и холодные зимы соответственно составляют 0,006, 0,005 и 0,010°C/м. Под деятельным слоем, на горизонтах 200—500 м, вертикальные различия температуры малы, ее значения поникаются от 5—6°C на горизонте 200 м до 4—5°C на горизонте 500 м.

В районе Апшеронского порога с глубинами около 200 м в прибрежных участках устанавливается почти полная изотермия. В пределах деятельного слоя средняя температура воды от поверхности до горизонта 100 м понижается от 7,5—9,5 до 6,7—8,3°C в умеренные зимы, от 9,8—11,7 до 7,3—11,6°C — в теплые и от 6,0—8,2 до 5,7—6,8°C — в холодные. Вертикальные градиенты температуры воды в слое 0—100 м изменяются от 0,01 до 0,05°C/м.

В Южном Каспии в прибрежных районах в феврале наблюдается почти полная изотермия со значениями температуры воды около 7—8°C у западного и 7—10°C у восточного побережий. В центральных глубоководных районах полная однородность температуры характерна лишь для слоя 0—25 м.

Ниже слоя изотермии до границы деятельного слоя (100 м) температура воды понижается на 1,5—2,0°C. Вертикальные градиенты в слое 0—100 м составляют 0,006—0,013°C/м.

Между горизонтами 100 и 700 м температура понижается от 8—9 до 6°C в умеренные зимы, от 9,5—11,5 до 6,3—7,0°C — в теплые и от 7—8 до 5—6°C — в холодные. Вертикальные градиенты в слое 100—700 м незначительны, по данным [223] они составляют лишь 0,002°C/м.

В марте начинается прогрев поверхностных слоев воды и образуются различия в температуре между теплым поверхностным слоем и подстилающими более холодными водами.

К апрелю, в средние по термическим условиям сезоны, на юге Северного Каспия температура поверхностного слоя повышается на 6—7°C у побережья и на 4—5°C в открытых районах. На горизонте 25 м ее значения повышаются на 2—3°C.

Вертикальные градиенты температуры в слое 0—10 м составляют 0,10—0,30°C/м. В теплые годы при интенсивном прогреве, контрасты температуры в слое 0—10 м возрастают, а вертикальные градиенты увеличиваются до 0,20—0,50°C/м. В слое 0—10 м температура воды около 10°C, вертикальные градиенты составляют 0,06—0,12°C/м. У восточного побережья вода прогревается до 10°C и несколько выше до глубины 50 м, вертикальные

градиенты в прогретом слое составляют 0,064—0,088°C/м. Под слоем прогретых вод до горизонта 100 м температура понижается до 8,2—9,4°C. Вертикальные градиенты в деятельном слое изменяются от 0,032 до 0,042°C/м (табл. 3.11).

В теплые сезоны прибрежные воды прогреваются практически до дна. У западного побережья значения температуры воды в поверхностном слое и на придонных горизонтах изменяются от 15,3—15,4 до 12,3—12,5°C, у восточного — от 14,1—15,4 до 12,7—12,2°C. Градиенты температуры в деятельном слое составляют 0,040—0,049°C/м.

В холодные годы контрасты температуры между поверхностным и глубинными слоями меньше. Температура воды изменяется от 8,5 до 9,9°C в поверхностном слое и от 6,7 до 7,8°C — на горизонте 100 м. Градиенты в деятельном слое поникаются до 0,011—0,024°C/м.

В августе в Северном Каспии мелководья прогреваются до дна. На акваториях с глубинами, превышающими 25 м, в верхнем слое 0—10 м температура равна 23—24°C. Глубже, на горизонтах 10—25 м, расположен термоклин, вертикальные градиенты в котором достигают 0,60—0,81°C/м.

В Среднем Каспии поверхностный слой воды обычно прогревается у западного побережья до 24—25°C. У восточного побережья в зоне апвеллинга температура воды в слое 0—10 м ниже, чем на мористых акваториях. Положение верхней границы термоклина изменяется от 10 до 30 м, нижней — от 30 до 50 м, толщина слоя — от 10—15 до 20—25 м. Вертикальные градиенты в термоклине составляют 0,31—0,60°C/м, в пределах деятельного слоя (0—100 м) они почти постоянны (0,017—0,018°C/м).

В аномально теплые сезоны при повышении температуры в поверхностном слое положение термоклина не меняется, границы его сохраняются в слое 20—30 и 30—50 м, но вертикальные градиенты увеличиваются до 0,50—0,76°C/м.

В холодные сезоны термоклин располагается между горизонтами 10—20 и 30—40 м. Толщина слоя 20 м, вертикальные градиенты температуры — от 0,70 до 0,74°C/м.

В Южном Каспии в верхнем однородном слое толщиной 10—25 м температура составляет 21—25°C. Глубже расположен термоклин толщиной 20—30 м. Вертикальные градиенты в слое термоклина изменяются в пределах 0,460—0,530°C/м в холодные, 0,483—0,535°C/м — в умеренные и 0,650—0,700°C/м — в теплые сезоны. В пределах деятельного слоя вертикальные градиенты температуры изменяются от 0,16 до 0,17°C/м на нижней границе.

В октябре—ноябре в процессе развития конвективного и турбулентного перемешивания происходит выравнивание температуры с глубиной и эрозия термоклина.

В южных районах Северного Каспия в умеренные сезоны устанавливается почти полная гомотермия: температура воды от поверхности до дна равна 9—11°C. При сильном охлаждении моря температура на поверхности ниже, чем в подповерхностном слое.

В Среднем Каспии охлаждение вод распространяется до горизонта 25 м. В слоях глубже 50 м температура оказывается на 1,0—1,5°C выше, чем

Таблица 3.11

Средние значения вертикальных градиентов температуры воды

Месяц	«Веховые» разрезы								
	Двачи—Кандерли			о. Жилой—м. Куули			о. Куринский Камень—о. Огурчинский		
	номер станции	границы слоя, м	градиент, °С/м	номер станции	границы слоя, м	градиент, °С/м	номер станции	границы слоя, м	градиент, °С/м
Слой скачка температуры, м									
Апрель	4	20—40	0,062	5	0—20	0,357	5	0—30	0,112
	6	10—30	0,137	4	10—30	0,223	7	0—20	0,214
Август	4	20—50	0,489	4	25—35	0,612	5	30—50	0,643
	6	20—30	1,617	5	20—30	1,289	7	20—30	1,245
Ноябрь	4	25—50	0,108	4	10—25	1,035	5	50—100	0,086
	6	25—50	0,206	5	25—50	0,766	7	50—100	0,170
Деятельный слой (0—100 м)									
Апрель	4	0—100	0,024	4	0—100	0,034	5	0—100	0,042
	6	0—100	0,032	5	0—100	0,035	7	0—100	0,032
Август	4	0—100	0,184	4	0—100	0,185	5	0—100	0,168
	6	0—100	0,180	5	0—100	0,169	7	0—100	0,168
Ноябрь	4	0—100	0,027	4	0—100	0,071	5	0—100	0,080
	6	0—100	0,052	5	0—100	0,061	7	0—100	0,090
Апрель	5	100—700	0,003	Наблюдения до 200 м			5	100—700	0,004
Август	5	100—700	0,003	—	—	—	5	100—700	0,005
Ноябрь	5	100—700	0,004	—	—	—	5	100—700	0,004

в августе. Это объясняется сдвигом фаз ее годового хода при распространении температурных колебаний на большие глубины. В теплые годы подобная стратификация сохраняется. В аномально холдные годы температура воды постепенно уменьшается с глубиной.

В районе Апшеронского порога в умеренные годы температура воды в слое 0—25 м практически однородна. В центральной части между горизонтами 25 и 50 м отмечаются значительные градиенты температуры, значения которых составляют 0,192—0,224 °С/м. В теплые годы вертикальные градиенты наблюдаются в слое 50—100 м (0,10 °С/м), в холодные сезоны — в слое 25—50 м (от 0,16 до 0,18 °С/м).

В южной части моря в умеренные годы температура воды в слое 0—25 (50) м понижается от 16—18 °С на поверхности до 12—15 °С на горизонте 50 м. Перепад температуры наблюдается в слое 50—100 м, где вертикальные градиенты составляют 0,11 °С/м в умеренные годы, 0,15 °С/м — в теплые и 0,20 °С/м — в холодные.

В глубинных слоях моря, ниже 100 м изменения температуры незначительны. Вертикальные градиенты в слое 100—700 м в Дербентской впадине не превышают 0,004 °С/м, а в Южнокаспийской впадине составляют 0,008—0,009 °С/м.

3.2.4. Пространственное распределение температуры воды

Различие климатических условий обуславливает значительную неоднородность полей температуры воды в разных частях Каспийского моря. Решающая роль в пространственно-временной изменчивости температуры в поверхностном слое отводится тепловому балансу и адвективному переносу.

Зимой на всей акватории моря наблюдается отрицательный тепловой баланс. Наибольшая теплоотдача происходит на границе Среднего и Южного Каспия. Весной по всей акватории моря наблюдается положительный тепловой баланс. Наибольший

приток тепла к поверхности моря отмечается в Южном Каспии. Летом распределение теплового баланса на акватории моря наиболее неравномерно. Максимальный приток тепла наблюдается в районах с малым испарением (западное побережье Среднего Каспия). Осенью над акваторией Каспия устанавливается отрицательный тепловой баланс. Меньше всего тепла с поверхности моря теряется у южного побережья моря, больше всего — в глубоководных районах.

В феврале отрицательный тепловой баланс сопровождается интенсивной отдачей тепла с поверхности моря в атмосферу и резким понижением температуры воды.

Согласно [14], переход от отрицательного теплового баланса к положительному происходит в марте. В этом месяце обычно заканчивается охлаждение поверхностного слоя моря и начинается его прогрев.

В марте температура воды в прибрежной зоне повышается с севера на юг. У западного берега температура воды на поверхности изменяется от 3—4 °С у дагестанского побережья до 6—7 °С в районе Апшерона и до 8 °С и более в южной части моря. У восточного берега температура воды на 1,5—2,5 °С выше, чем у западного. Значения ее повышаются к югу от 2—3 °С у п-ова Мангышлак до 8 °С у м. Куули и 10—11 °С в юго-восточной части моря.

Менее прогретые воды с температурой 5—6 °С расположены в центральной части Среднего Каспия.

С апреля по июль устанавливается поле температуры воды, типичное для теплой части года. Температура повышается с севера на юг и понижается от мелководных прибрежных районов в сторону открытого моря. В центральной части Среднего Каспия температура воды на поверхности от апреля к маю повышается от 8 до 13—14 °С. Большие горизонтальные градиенты температуры в апреле—мае наблюдаются у восточного побе-

режья от п-ова Манышлак до Казахского залива (рис. 3.12).

В южной части моря температура воды от апреля к маю повышается от 10 до 15—16°C над Апшеронским порогом и от 14—15 до 20—21°C в юго-восточном районе, где располагается очаг теплых вод.

В июне—июле у западного побережья Среднего Каспия контрасты температуры между прибрежными и глубоководными акваториями сгла-

падного побережья температура воды изменяется от 20,5 до 21,5°C.

В Южном Каспии температура поверхностных слоев понижается от августа к сентябрю на 2°C и изменяется с севера на юг от 22 до 26°C. В сентябре сохраняется процесс проникновения более холодных вод (с температурой около 22°C) от Апшеронского порога в юго-западную часть моря.

В октябре происходит переход от пространственного распределения температуры воды, харак-

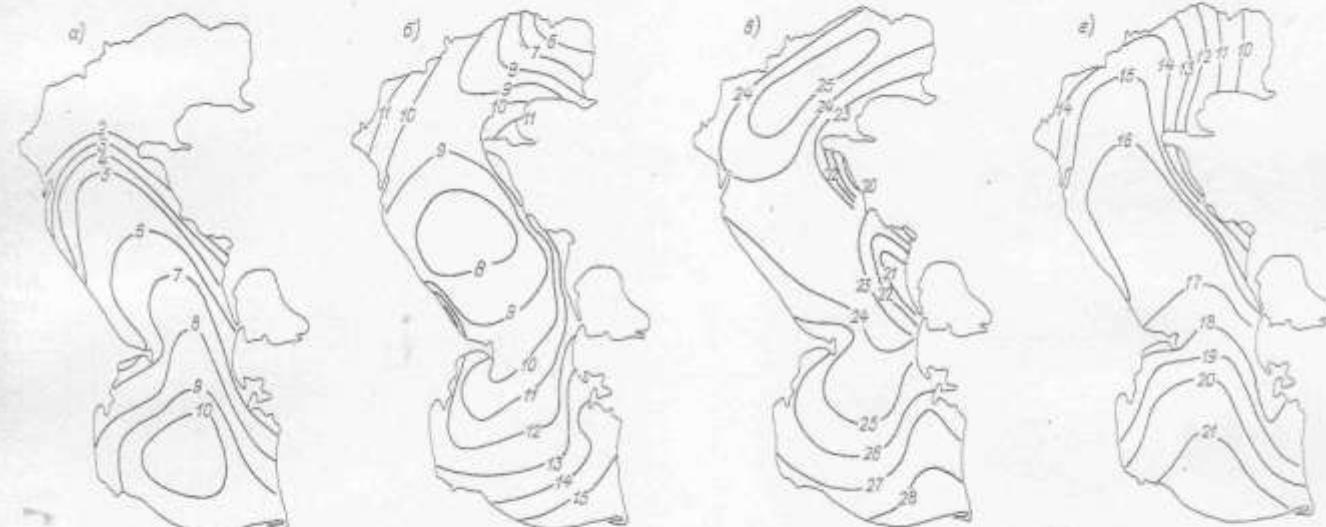


Рис. 3.12. Среднемноголетняя температура поверхности моря (°С).
а — февраль; б — апрель; в — август; г — октябрь.

живаются. Значения температуры воды над Дербентской впадиной несколько превышают 19°C в июне и 23°C в июле. У побережья температура на 1—2°C выше, чем в открытом море. У восточного берега Среднего Каспия температура воды у побережья в зоне аномалии на 5—7°C ниже, чем у западного побережья и в открытом море. В период максимального прогрева температура воды в июле—августе понижается от 23°C на морской границе зоны аномалии до 17—20°C вблизи берега.

В Южном Каспии температура воды повышается в направлении с севера на юг от 21 до 26°C в июне и от 24 до 27°C в июле.

В августе с достижением максимума положительного теплового баланса [14] продолжается повышение температуры воды у побережья и в открытом море, сопровождаемое выравниванием поля температуры. Значения температуры в Среднем Каспии за пределами зоны аномалии составляют 24—25°C.

В Южном Каспии температура повышается от 25°C над Апшеронским порогом до 28°C в юго-восточной части моря (см. рис. 3.12).

В сентябре с переходом от положительного теплового баланса к отрицательному температура воды на поверхности у побережья понижается на 2,5—3,5°C. В зоне аномалии, ограниченной изотермой 20°C, температура воды у побережья составляет лишь 1,5—2,5°C (табл. ПII.32). В районах открытого моря, обладающих большим теплозапасом, характер поля температуры воды от августа к сентябрю практически не меняется. В центральной глубоководной части Среднего Каспия и у за-

берега для теплой части года, к ее распределению в холодном полугодии.

В октябре при отрицательном тепловом балансе и активизации меридионального переноса холодных воздушных масс над морем наиболее интенсивное охлаждение воды происходит в Северном Каспии и на мелководьях Среднего Каспия. У западного побережья, в зоне активного водообмена с глубоководными районами, интенсивность охлаждения слабее. Здесь вдоль всего побережья температура воды остается в пределах 15—16°C. У восточного побережья Среднего Каспия, в мелководных бухтах и заливах, температура воды в среднем понижается до 12—13°C. В открытых районах Среднего Каспия температура воды в октябре составляет 16—17°C. У восточного побережья, от п-ова Манышлак до Казахского залива и несколько южнее, устанавливаются значительные горизонтальные градиенты температуры воды. В центральной части моря температура повышается с 15—16°C на параллели 44° с. до 18°C у Апшеронского порога и до 21°C в южной части моря.

С ноября по февраль при отрицательном тепловом балансе температура воды повышается с севера на юг и от побережий в открытое море (см. рис. 3.12).

К северу от параллели 44° с. с января по март устанавливаются значительные горизонтальные градиенты температуры воды. Вторая зона резких изменений температуры располагается (с ноября по февраль) вдоль восточного побережья Среднего Каспия от м. Сагындык до Казахского залива. Образование их обусловлено различной интенсивно-

стью охлаждения вод на мелководьях и на свале глубин, где сохраняется большой теплозапас и значительная тепловая инерция.

В центральной глубоководной части Среднего Каспия температура воды изменяется от 15—17°C в октябре и 11—21°C в ноябре до 6—8°C в декабре, 3—6°C в январе и 3—5°C в феврале. От Ашшеронского порога до южной границы моря температура воды повышается от 18 до 21°C в октябре, от 14 до 16—17°C в ноябре, от 10 до 12—13°C в декабре, от 8 до 10°C в январе и от 7 до 9°C в феврале.

Очаг теплых вод располагается в центральной глубоководной части Южного Каспия. В процессе осенне-зимнего охлаждения общий теплозапас уменьшается, а температура воды понижается от 20—21°C в октябре до 9°C и несколько выше в феврале (рис. 3.12).

Пространственно-временная изменчивость температуры в глубинных слоях обусловливается зимней вертикальной циркуляцией, а также стеканием вод с высокой плотностью, охлаждающихся на прибрежных мелководьях.

Сезонные изменения температуры, затухая с глубиной, прослеживаются до горизонтов 100—200 м. Однако в экстремально суровые зимы процесс конвекции распространяется до значительно больших глубин.

На нижней границе деятельного слоя (100 м) в феврале средняя температура воды у восточного побережья на 1,2—2,0°C выше, чем у западного, что объясняется адвекцией теплых вод с юга на север. У западного побережья моря температура воды изменяется от 5,5 до 7,2°C в Среднем Каспии, от 5,7 до 8,7°C над Ашшеронским порогом и от 7,5 до 10,1°C в южной части моря. У восточного побережья предел изменений средней температуры несколько выше. Ее значения уменьшаются с севера на юг в среднем от 1,5 до 10—11°C.

В апреле ввиду сдвига фаз годового хода температуры воды с глубиной она оказывается ниже, чем в феврале. От февраля к апрелю сохраняются контрасти температуры между западным и восточным побережьями. Диапазон средних температур вблизи этих побережий составляет соответственно 5,5—6,8 и 5,3—7,4°C в Среднем Каспии, 4,9—6,9 и 6,8—9,8°C над Ашшеронским порогом, 7,2—10,5°C и 7,6—11,3°C в Южном Каспии.

С августа на нижней границе деятельного слоя начинается незначительное повышение температуры, обусловленное сдвигом фаз годового хода с глубиной. В Среднем Каспии выравниваются различия температуры между побережьями, значения ее изменяются от 5,5 до 7,8°C.

В экстремально теплые годы наиболее значительное повышение средней температуры и более широкий диапазон ее колебаний наблюдаются у восточного побережья Среднего Каспия и над Ашшеронским порогом. Диапазон изменений температуры в различные годы здесь составляет соответственно от 6,5—10,7, 6,3—13,2°C у восточного до 5,0—8,6, 5,7—8,5°C у западного берегов средней части моря и от 6,6—10,0 до 7,6—9,8°C в южной части.

На горизонте 200 м сезонная изменчивость температуры воды не проявляется.

Среднемноголетняя температура воды в Среднем Каспии изменяется в течение года с 5,7 до 6,0°C. В аномально холодные годы ее значения поникаются до 4,9—5,2°C, в аномально теплые — повышаются до 5,8—7,2°C, размах многолетних изменений не превышает 2°C.

В районе Ашшеронского порога средняя температура воды на горизонте 200 м изменяется от 5,8°C в апреле до 6,0°C в феврале. Межгодовые изменения температуры составляют 4,9—7,3°C.

В Южном Каспии средняя температура воды весной у западного побережья несколько выше, чем у восточного. В августе—октябре средняя температура воды у восточного побережья несколько выше (менее 0,5°C), чем у западного. В различные годы температура воды в южной части моря изменяется в диапазоне 6,4—7,9°C в феврале, 6,1—10,6°C в апреле, 5,8—8,8°C в августе и 6,2—9,4°C в октябре.

На горизонте 500 м наиболее высокие средние температуры (4,9—5,5°C) отмечаются в холодном полугодии, что объясняется сдвигом фаз годового хода по вертикали. Большую часть года температура у западного побережья на 0,2—0,6°C выше, чем у восточного. Исключение составляет период максимального прогрева — в августе средняя температура воды у восточного берега на 0,3—0,4°C выше, чем у западного. Широтные различия температуры в глубоководных районах Среднего и Южного Каспия в течение всего года составляют 1,0—1,5°C.

В придонных слоях Дербентской и Южнокаспийской впадин сезонные и многолетние изменения температуры на горизонте 700 м выражены слабо. В Дербентской впадине средняя температура равна 4,2—4,6°C, в отдельные годы она повышается до 4,5—5,4°C или понижается до 3,9—4,2°C.

В Южнокаспийской впадине на горизонте 700 м средняя температура практически постоянна (5,8—5,9°C), в экстремальные годы ее значения поникаются до 5,4°C или повышаются до 6,3°C.

Таким образом, сезонные и многолетние изменения температуры воды в Среднем и Южном Каспии наиболее выражены в деятельном слое толщиной 0—100 м, а глубже они постепенно затухают. На горизонтах 200 м и глубже годовой ход температуры не выражен, проявляется лишь межгодовая изменчивость до горизонтов 500—700 м.

Непериодические изменения температуры в прибрежной зоне Среднего Каспия связаны с апвеллингом. В западном прибрежном районе они непроложительны. В восточном районе выход глубинных вод косит устойчивый характер и служит причиной образования зоны отрицательной температурной аномалии в теплом полугодии и положительной — в холодную часть года.

Положение термоклина, достигающего максимального развития в августе (толщина 20—30 м), не остается постоянным. Его верхняя граница может располагаться вблизи поверхности моря (август 1969 г.) или заглубляться до 30—50 м.