

Ю.М. Гаргопа<sup>1,2</sup>, Д.С. Аксенов<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Азовский филиал Мурманского морского биологического института и Южный научный центр Российской академии наук

<sup>2</sup> Южный научный центр Российской академии наук

По данным экспедиционных наблюдений ЮНЦ РАН и АФ ММБИ РАН в 2008 г. выявлено, что, несмотря на маловодность рек в 2007-2008 гг., вызванную преобладанием антициклональных условий формирования их стока вследствие развития в предшествующие годы западного типа макропроцессов и многоводья, южные моря сохраняют относительно высокое состояние уровней, распресненность и несколько повышенный температурный фон. В то же время соленость Азовского моря и Северного Каспия в последние два года несколько повысилась (соответственно на 0.3-0.5‰ и 1.0-1.4‰) по сравнению с предшествующим периодом (2000-2005 гг.)

АФ ММБИ и ЮНЦ РАН выполняют комплексные экспедиционные исследования в Азовском море с 1997 г. За это время проведено более 40 экспедиций как в Таганрогском заливе, так и в Азовском, Черном и Каспийском морях. Наблюдения велись по схемам, представляющим совокупность стандартных вековых меридиональных и широтных разрезов, отдельных станций и полигонов. Это позволяет изучать фронтогенез и биогеохимические процессы в эстуариях, в так называемых пограничных контактных зонах, наиболее подверженных антропогенному воздействию и влиянию изменчивости гидрометеорологических факторов. При этом изучение термохалинной структуры вод Азовского, Черного и Каспийского морей выполняется с помощью СТД-зондов (SBE-19).

Термохалинная структура вод Азово-Черноморского бассейна и Северного Каспия продолжает сохранять особенности (распресненность, повышенные температуры), сформировавшиеся в условиях развития за последние 15-20 лет западного типа макропроцессов и потепления климата.

Установлено, что климатообусловленный рост стока р. Дунай (от 194 км<sup>3</sup>/год в 1840–1920 гг. до 214 км<sup>3</sup>/год в 1961–2002 гг.) стал одной из главных причин подъема уровня Черного моря за последние 50 лет примерно на 15 см и понижения его солености. Значительное весенне-летнее половодье отмечалось и в 2005 г. Катастрофический паводок наблюдался и в 2006 г. В многолетних (1950–2007 гг.) колебаниях стока р. Волга установлен климатообусловленный тренд роста (на 36,4 км<sup>3</sup> или 15%) от 231 до 268 км<sup>3</sup>/год. По данным, любезно предоставленным нам Д.Н. Катуниным, сток Волги в 2006 и 2007 гг. составил соответственно 208 и 282 км<sup>3</sup>/год, а в 2008 г., видимо, не превысит 230–235 км<sup>3</sup>/год. В последние десятилетия наблюдается и повышение водности рек бассейна Азовского моря, особенно в холодное время года. Приток речных вод в 2000–2006 гг. в среднем составил около 40 км<sup>3</sup>/год, т.е. на уровне естественного периода. Однако в

изменениях весеннего стока рек четко прослеживается тенденция, главным образом, антропогенного сокращения (на 20–25%). В значительной мере это относится не только к р. Волга, но и к остальным рекам бассейна Каспия. В последние два года для большинства рек южных морей характерно климатообусловленное маловодье. В частности, в 2007–2008 гг. сток в Азовское море составил около 28–30 км<sup>3</sup>/год, что на треть меньше нормы. В 2008 г. получены новые данные о пространственном распределении гидрофизических характеристик Азовского моря на основе выполнения 94 океанографических станций в весенний период (25–29 апреля), 38 станций в летний период (16–26 июня) и 100 станций в осенний (15 – 18 октября) (см. рисунок.1).

По данным Гидрометцентра РФ (Ежемесячный бюллетень..., апрель 2008) гидрологический режим Азовского моря в апреле 2008 г. формировался в условиях преобладания влияния антициклона с востока. Однако в погоду вносили коррективы атмосферные фронты западных (средиземноморских) и «ныряющих» (атлантических) циклонов, либо активизирующаяся малоазиатская депрессия. В течение всего месяца преобладала малооблачная погода. Приток речных вод в Азовское море в период весеннего половодья и в целом за год, как и в 2007 г., был ниже нормы. В 2007 г. суммарный сток рек Дон и Кубань не превышал 28 км<sup>3</sup>, в то время как в 2000–2006 гг. он в среднем был около естественной нормы (40 км<sup>3</sup>/год). По данным же Гидрометцентра РФ (Ежемесячный бюллетень..., апрель–июль 2008) суммарный сток донских и кубанских вод за апрель–июль составил лишь 12.3 км<sup>3</sup>, т.е. почти на четверть ниже средней величины за эти месяцы зарегулированного периода (1952–2005 гг.) и на треть ниже естественного.

В период апрельской океанографической съемки Азовского моря атмосферное давление находилось в пределах 750.0–766.5 мм рт. ст., температура воздуха в диапазоне от 9.6 до 17.0°C. Преобладали ветры северных и северо-восточных направлений силой преимущественно 10 м/с (до 18–20 м/с 28 апреля) и переменная облачность. Направление волн совпадало с направлением ветра, их высота изменялась от 0.1 до 1.2 м. Прозрачность находилась в пределах 0.6 – 3.0 м.

В период экспедиционных наблюдений с 25 по 29 апреля 2008 г. соленость в Азовском море находилась преимущественно в пределах 2,7–16 единиц практической солености (таб. 1). При этом в Таганрогском заливе соленость изменялась от 1–2‰ в восточном районе до 8–9‰ в проливе между косами Долгая и Белосарайская (рис. 4а). В собственно море, в поверхностном слое, соленость составляла преимущественно 10–10,5‰, а в придонном - 10–11‰. В Прикерченском районе соленость поверхностных вод была выше 11‰. В придонном слое хорошо прослеживается адвекция

слаботрансформированных черноморских вод с соленостью от 12–13 до 15–16‰. Вертикальные градиенты солености здесь в среднем достигали 0,1–0,5‰/м (рис. 2).

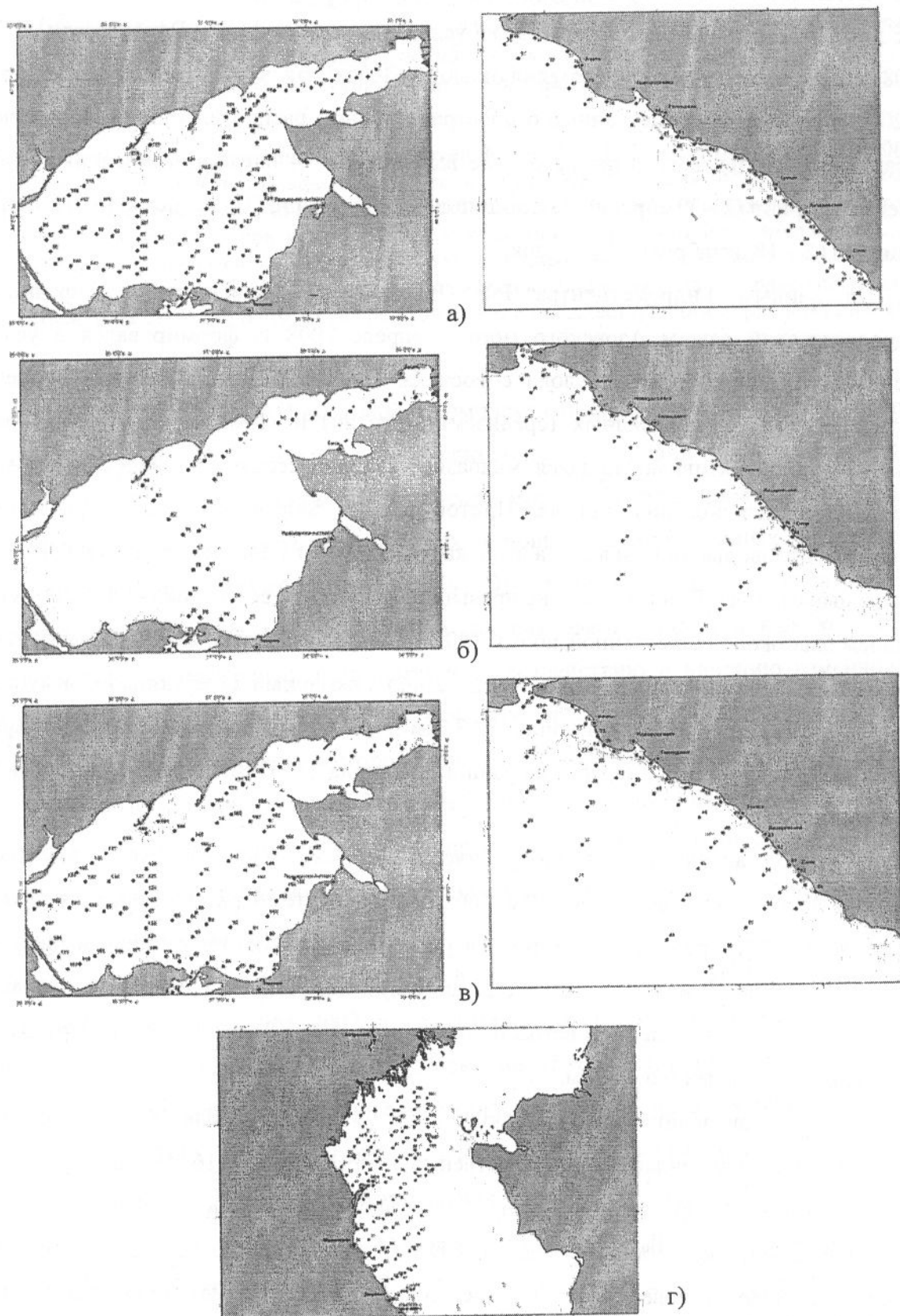


Рис. 1. Сетки океанографических станций в Азовском, Черном морях в апреле (а), июне (б), октябре (в) и Каспийском море (г) в июле 2008 г. по данным ЮНЦ РАН

По данным Гидрометцентра РФ (Ежемесячный бюллетень..., апрель 2008) распределение температуры воды на поверхности Азовского моря характеризовалось сильной неоднородностью – от 6°C в центральной части моря до 10–11°C у побережья. Во второй и третьей декадах на фоне постепенного прогрева наблюдалось уменьшение горизонтальных градиентов распределения температуры поверхностного слоя. В начале последней пятидневки апреля вода на поверхности Таганрогского залива местами прогревалась до 15°C, однако, после штормового перемешивания 29 апреля температура поверхности вод залива понизилась до 12–13°C.

В период экспедиционных исследований (25–29 апреля) температура воды поверхностного слоя на большей части моря находилась в пределах 10–12°C, наибольшие величины температуры (13°C) отмечены в северо-восточной части моря (рис. 2). В связи с интенсивным ветровым перемешиванием выраженных вертикальных температурных градиентов не было обнаружено.

В результате анализа термохалинных данных по Азовскому морю и Керченскому проливу были определены следующие типы вод (рис. 3):

воды Таганрогского залива с соленостью до 8 ед. практ. сол.,

азовоморские воды с соленостью 8–10 ед. практ. сол.,

умеренно трансформированные черноморские воды с соленостью более 10 ед. практ. сол.

В Азовском море в пределах исследуемого района содержание растворенного в воде кислорода на всех станциях было довольно велико и в поверхностном слое его насыщение изменялось от 86,7% до 111,6% при среднем 98,8%, а в придонном слое - от 70,0% до 111,0% при среднем 91,3%.

Водородный показатель рН в поверхностном слое Азовского моря изменялся от 8,30 до 8,58 и в среднем составил 8,44, в придонном горизонте от 8,29 до 8,57 при среднем в 8,41. Таким образом, рН от поверхности ко дну либо не изменялся, либо незначительно уменьшался.

В июне, по данным Гидрометцентра РФ (Ежемесячный бюллетень..., июнь 2008) над акваторией Азовского моря характер атмосферной циркуляции был неустойчивым, доминировали меридиональные процессы. Преобладали ветры слабые и умеренные, практически всех направлений, с усилением в отдельные дни до 8–10 м/с. Температура воздуха в целом оказалась на уровне нормы. Во второй декаде дневная температура воздуха находилась в пределах 22–27°C, в третьей – в интервале 25–30°C, с максимумом 32°C. Температура поверхности Азовского моря (ТПМ) в первой декаде июня в дневное время составляла 19–20°C (в отдельные дни достигала 22–23°C). Во второй половине

июня дневная ТПМ изменялась преимущественно в пределах от 23–24°C до 26–27°C, а местами достигала 28°C. Вблизи северного побережья в безветренные дни складывались условия формирования зон гипоксии и возникновения «заморных» явлений для гидробионтов.

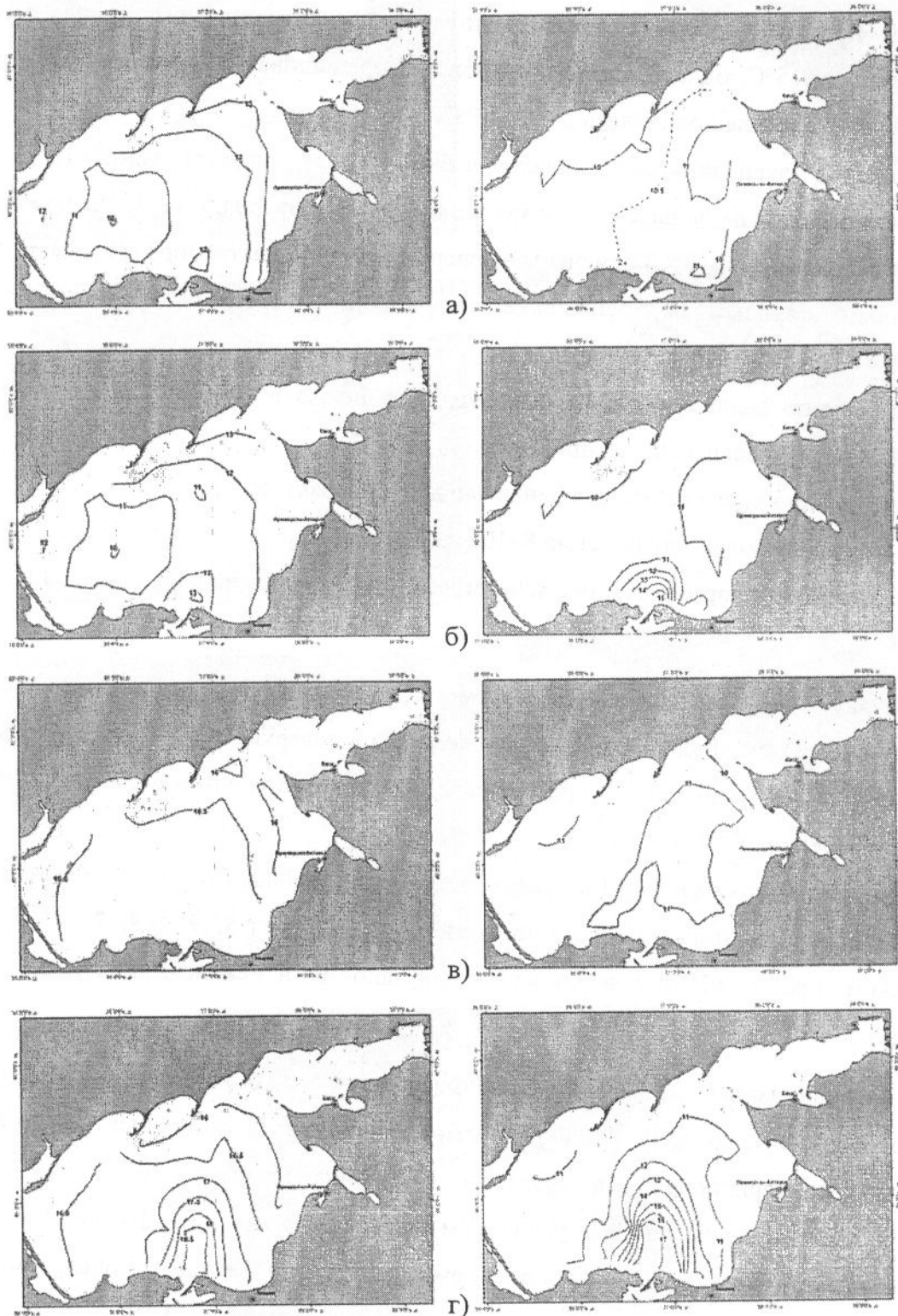


Рис. 2. Распределение температуры (слева) и солёности воды (справа) в Азовском море в апреле (а - поверхностный горизонт, б – придонный) и октябре (в - поверхностный горизонт, г – придонный) 2008 г. по данным ЮНЦ РАН, полученных с помощью измерений СТД-зондом SBE-19, ‰

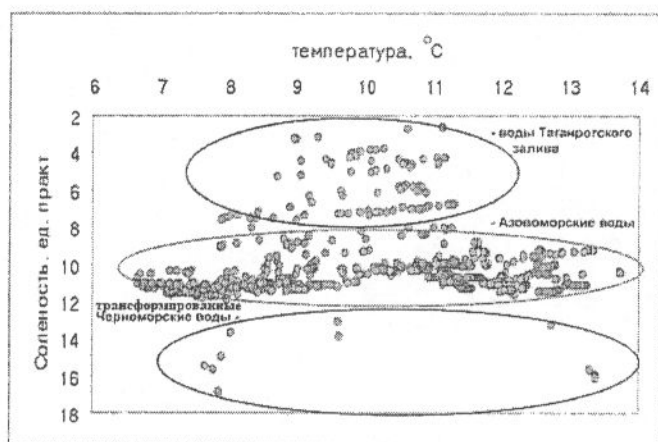


Рис. 3. TS-диаграмма распределения типов вод в Азовском море 25–29 апреля 2008 г. по данным ЮНЦ РАН

Таблица 1. Статистические характеристики температуры и солености воды в Азовском море и Керченском проливе с 25 по 29 апреля 2008 г.

Характеристика	Азовское море		Керченский пролив	
	Температура [°C]	Соленость [практ. ед. сол.]	Температура [°C]	Соленость [практ. ед. сол.]
Максимальное	13,8	16,9	15,7	17,9
Минимальное	6,7	2,7	10,0	10,8
Среднее	10,8	10,3	12,5	16,4

В период экспедиционных работ температура поверхностного слоя воды на большей части обследованного района Азовского моря находилась в пределах 22–23°C с максимумом (25,4°C) в восточной части Таганрогского залива. Минимальная температура (17,8°C) зафиксирована в придонном слое в северной части собственно моря. Перепад температуры воды между более прогретым поверхностным слоем и холодным придонным здесь составлял более 5°C, а вертикальные градиенты 0,4–0,5°C/м (рис. 46).

Соленость вод Таганрогского залива повышалась от 0,6‰ вблизи впадения р. Дон до 9–9,5‰ в проливе между косами Долгая и Белосарайская. На большей части обследованного района собственно Азовского моря она составляла 10–11‰, непосредственно в Керченском проливе – 12–17‰. Резко выраженных вертикальных градиентов солености не обнаружено. Разница между соленостью поверхностных и придонных вод в Таганрогском заливе составляла 0,2‰ – 1,4‰, в собственно море – 0,2–0,4‰ (до 1,0–2,0‰), в Керченском проливе – в пределах 0,3–0,6‰. В центре моря в придонном слое просматривались две линзы с соленостью более 11‰, в прикерченском районе – придонная адвекция черноморских вод (рис. 46).

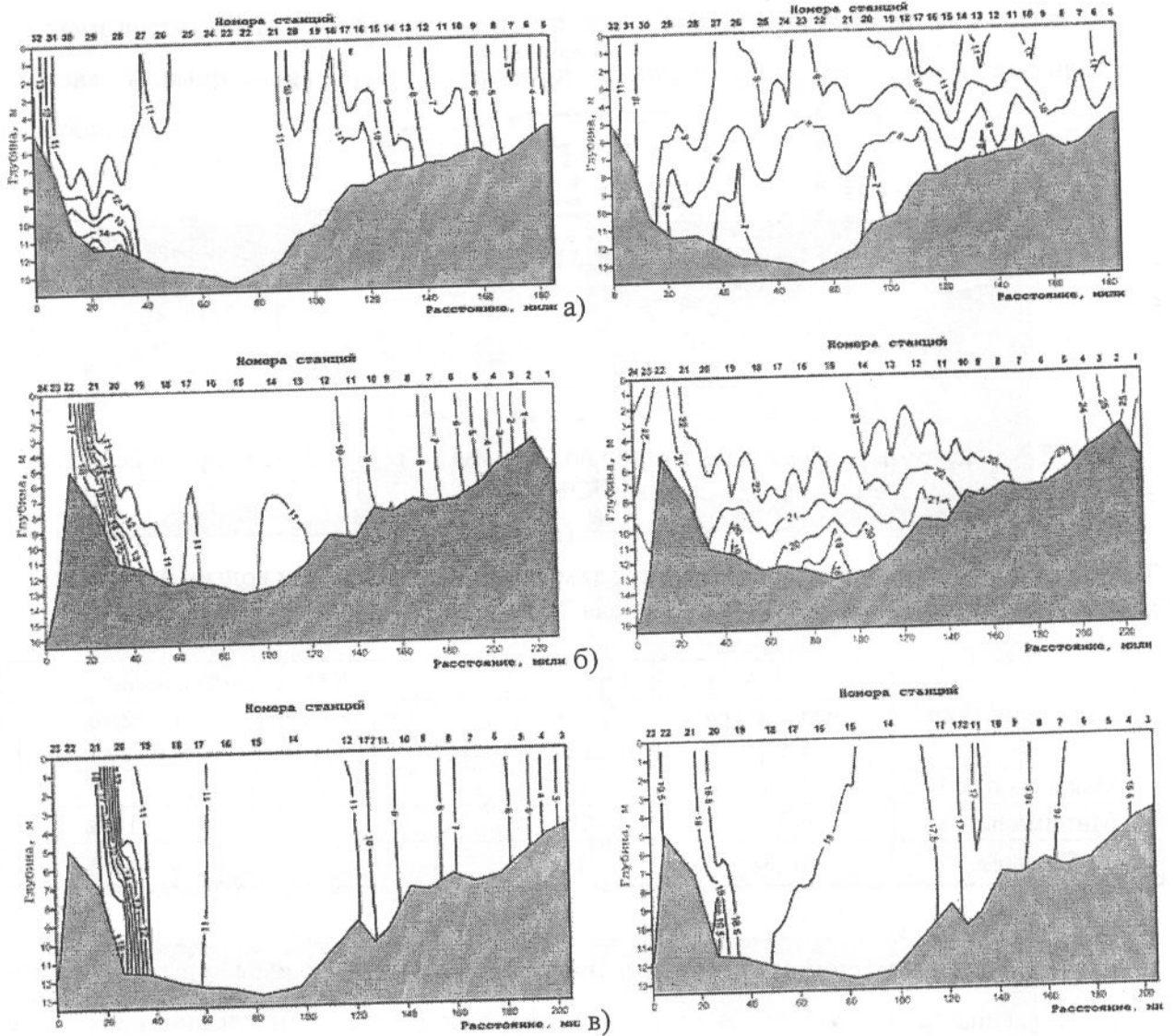


Рис. 4 Вертикальное распределение солености (слева) и температуры (справа) вод на разрезах от кутовой части Таганрогского залива (правый край рисунка) до выхода из Керченского пролива в Черное море (левый край рисунка) выполненных 11-13 апреля (а), 16-18 июня (б) и 5-7 октября (в) по данным ЮНЦ РАН

Во время октябрьской океанографической съемки Азовского моря атмосферное давление находилось в пределах 760.6–768.8 мм рт. ст., температура воздуха понизилась с 19.8 до 12.6 °С. Преобладал ветер восточного направления 15 октября силой до 6 м/с, а с 16 октября северо-западный с переходом на юго-западный скорость которого достигала 15 м/с (18 октября). Направление волн совпадало с направлением ветра, высота изменялась от 0.4 до 2.5 м. Прозрачность была в пределах от 1 до 5 м.

Температура поверхностных вод от кутовой части Таганрогского залива к Керченскому проливу относительно равномерно повышалась от 15.5 до 18.2 °С. Центральная часть моря была занята водами с температурой 16.5–17.0 °С. В придонных слоях, особенно в предпроливном районе, четко прослеживалась адвекция более теплых черноморских вод (17.5–18.5 °С).

В период экспедиционных наблюдений с 15 по 18 октября 2008 г. соленость в Азовском море и Керченском проливе находилась преимущественно в пределах 2,7–17,9 единиц практической солености. При этом в Таганрогском заливе соленость изменялась от 1–2‰ в восточном районе до 9–9,5‰ в проливе между косами Долгая и Белосарайская. В собственно море, в поверхностном слое, соленость составляла преимущественно 10–10,5‰, а в придонном – 10–11‰. В Прикерченском районе соленость поверхностных вод была выше 11‰. В придонном слое хорошо прослеживалась адвекция трансформированных черноморских вод с соленостью до 17,5 ‰. Вертикальные градиенты солености здесь в среднем достигали 0,7–0,8‰/м (рис. 4в).

Новые данные получены и о пространственном распределении термохалинных характеристик вод Черного моря.

Исследования, проведенные в апреле 2008 г. для северо-восточной части Черного моря, показали, что резко выраженных термоклин и галоклин не было. Температура воды от поверхности равномерно понижалась до границы ХПС от 14,8 до 7,2°C, далее медленно возрастала к нижней точке измерений до 8,8°C (рис. 4а). Верхняя граница ХПС – (изотерма 8°C) находилась на глубине 48 м, нижняя – 123 м, т.е. толщина ХПС составляла 75 м. В апреле 2007 г. верхняя граница ХПС находилась на глубине 80 м, а нижняя – 140 м, т.е. толщина ХПС была 60 м (рис. 5а).

При рассмотрении солености (по Филиппову, 1991) можно выделить следующие водные массы (рис. 5,6):

- мелководная (прибрежная) черноморская водная масса (МЧВМ)  $S < 17‰$ ;
- верхняя черноморская водная масса (ВЧВМ)  $17‰ \leq S \leq 18,6‰$ ;
- холодный промежуточный слой (ХПС)  $18,6‰ \leq S \leq 20‰$ ;
- промежуточная черноморская водная масса (ПЧВМ)  $20‰ \leq S \leq 22,2‰$ .

В период июньского рейса отмечались выраженные термоклин на глубоководных станциях. Верхняя граница слоя скачка температуры находилась на глубине 10–12 м, нижняя – в пределах 23–25 м. Перепад температуры составлял 13–14°C (рис. 5б). На прибрежных станциях термоклин был не столь выражен, перепад температуры составлял 10–11°C в пределах 5–35 м (рис. 5б). На разрезе, направленном от берега в глубоководную часть моря, за пределами 30–40 миль соленость была выше 18‰ (рис. 4б). В районе г. Адлер обнаружена фронтальная зона, сформированная стоком р. Мзымта.

Исследования термохалинных характеристик, проведенные в октябре, показали наличие сезонного термоклина, верхняя граница которого на выходе из Керченского пролива за изобатой 30 м была отмечена на горизонте 21 м, а при удалении к центру моря уменьшалась до 17 м (ст. 29) и 13 м (ст. 30). На протяжении 3 м температура падала на 8–9°C (рис. 4в). На прибрежных станциях с глубинами 20–30 м термоклин не проявлялся или



был не столь существенно выражен в отличие от глубоководных станций. За изобатой 30 м температура имела перепад 7-8 °С в толще 10-15 м (рис. 5в).

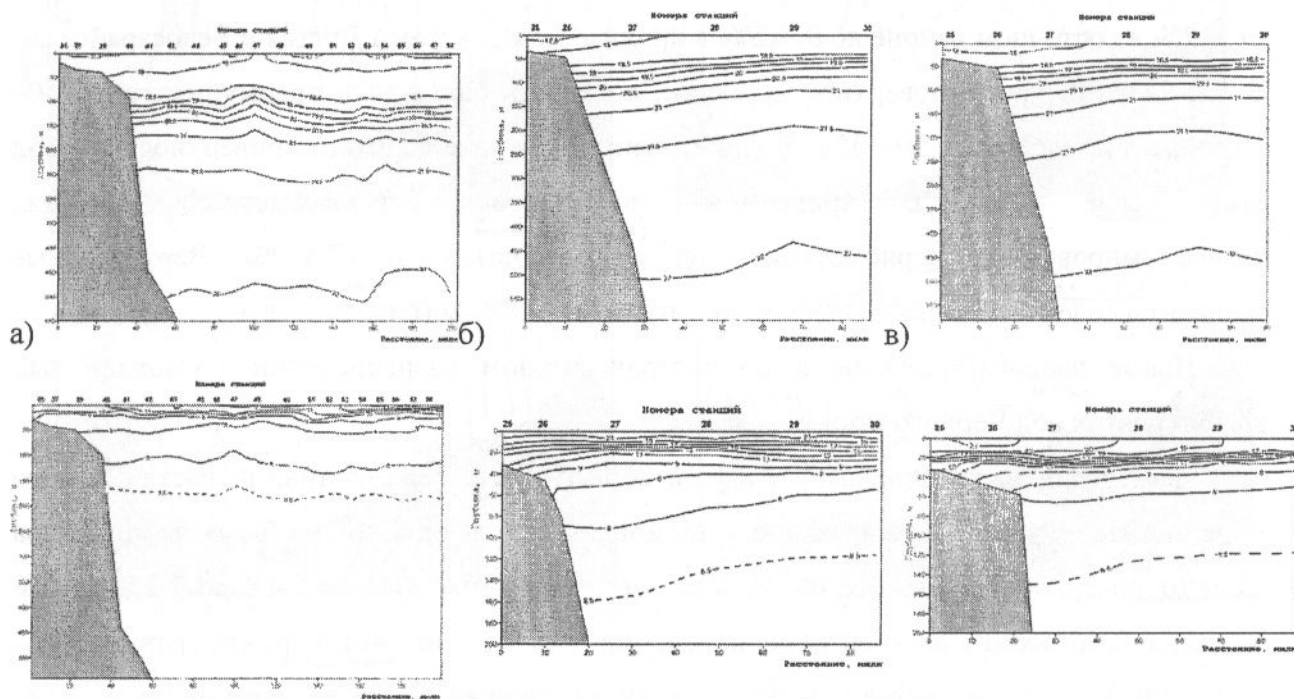


Рис. 5. Профили распределения солености (верхние рисунки) и температуры (нижние рисунки): а – глубоководная 12 мильная зона от берега (16-21.04.2008), б – выход из Керченского пролива - на 85 миль в экономическую зону РФ (18.06.2008), в – выход из Керченского пролива - на 85 миль в экономическую зону РФ (09.10.2008) по данным ЮНЦ РАН

С 19 июля по 5 августа 2008 г. с борта НИС «Денеб» были выполнены СТД-зондирования на 110 станциях в Каспийском море (рис. 1).

В период наблюдений в Каспийском море температура воды изменялась от 5,15 до 30,58 °С. В системе р. Волга–Цимлянское вдхр.– р. Дон наибольшая температура отмечена в р. Волга (25,94°С), а наименьшая (18,43°С) – в Цимлянском водохранилище. Соленость (минерализация) находилась в пределах 0,19–11,46 и 0,18–0,45 единиц практических солености (ед. практ. сол.) в Каспийском море и системе р. Волга–Цимлянское вдхр.– р. Дон, соответственно (табл. 2).

В исследованной части Каспийского моря в период рейса отмечены четко выраженные термоклины. Слой скачка температуры наблюдался на станциях, расположенных за границей изобаты 10 м в Северном Каспии и практически на всех станциях в Среднем Каспии. Слой скачка температуры был расположен от 5–7 м, температура понижалась с 25 до 12,5 °С за 3–4 метра. Таким образом, в толще 4 м вертикальный градиент (ст. 9) составлял 3,1 °С/м, а в среднем для всей 15-метровой толщи - 1,1 °С/м (рис. 8). В Среднем Каспии скачок температуры начинался с 8–10 м, глубже температура падала с 26 до 8 °С. С глубины 32 м и далее до дна температура воды плавно

понижалась до 6,8°C. В глубоководной части с глубины 60 м до 500 м температура плавно падала до 5,1°C. (рис. 8).

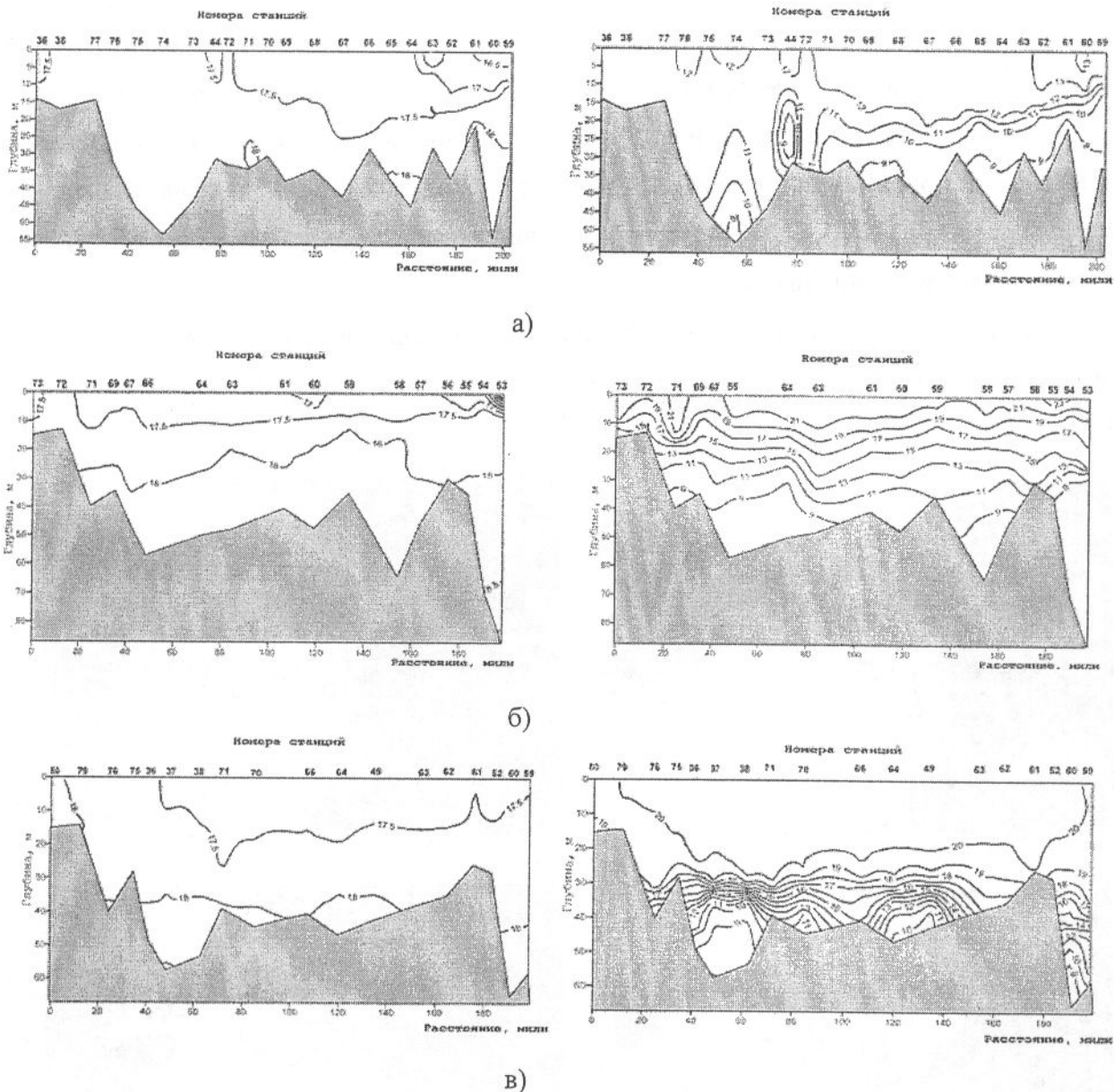


Рис. 6. Профили распределения солёности (слева) и температуры (справа) в прибрежной зоне северо-восточной части Черного моря: а – 16 - 19 апреля, б – 21 - 24 июня, в – 12 - 14 октября 2008 г. по данным ЮНЦ РАН

Таблица 2. Статистические характеристики температуры и солёности (минерализации) воды в Каспийском море и системе р. Волга-Цимлянское вдхр. – р. Дон 19 июля по 5 августа 2008 г.

Характеристика	Каспийское море		р. Волга		Цимлянское вдхр.		р. Дон	
	S [PSU]	t [°C]	t [°C]	S [PSU]	t [°C]	S [PSU]	t [°C]	S [PSU]
максимальное	11.46	30.58	25.94	0.19	24.45	0.33	24.86	0.45
минимальное	0.20	5.15	22.83	0.18	18.43	0.30	24.16	0.33
среднее	10.98	13.25	24.59	0.19	23.38	0.31	24.59	0.35

Температура поверхностных вод на исследованных акваториях Северного и Среднего Каспия находилась в пределах 26–30 °С (рис. 7). Существенно отличалась картина распределения температуры в Северном и Среднем Каспии в придонном горизонте (юго-западная часть) на свале глубин, где температура падала до 7–8°С в связи с придонным компенсационным подтоком более холодных вод Среднего Каспия.

В вертикальном распределении солености положение галоклина практически совпадало с положением термоклина (рис. 8). Градиенты в слое скачка солености составляли 0.1-0.2‰/м в 2–3-метровой толще, после чего по мере роста глубины соленость плавно увеличивалась.

В целом в поверхностном слое температура вод находилась в пределах от 26 до 30°С, в придонном слое - от 28 до 8°С и ниже, а соленость соответственно от 1 до 11 и от 1 до 11,5‰.

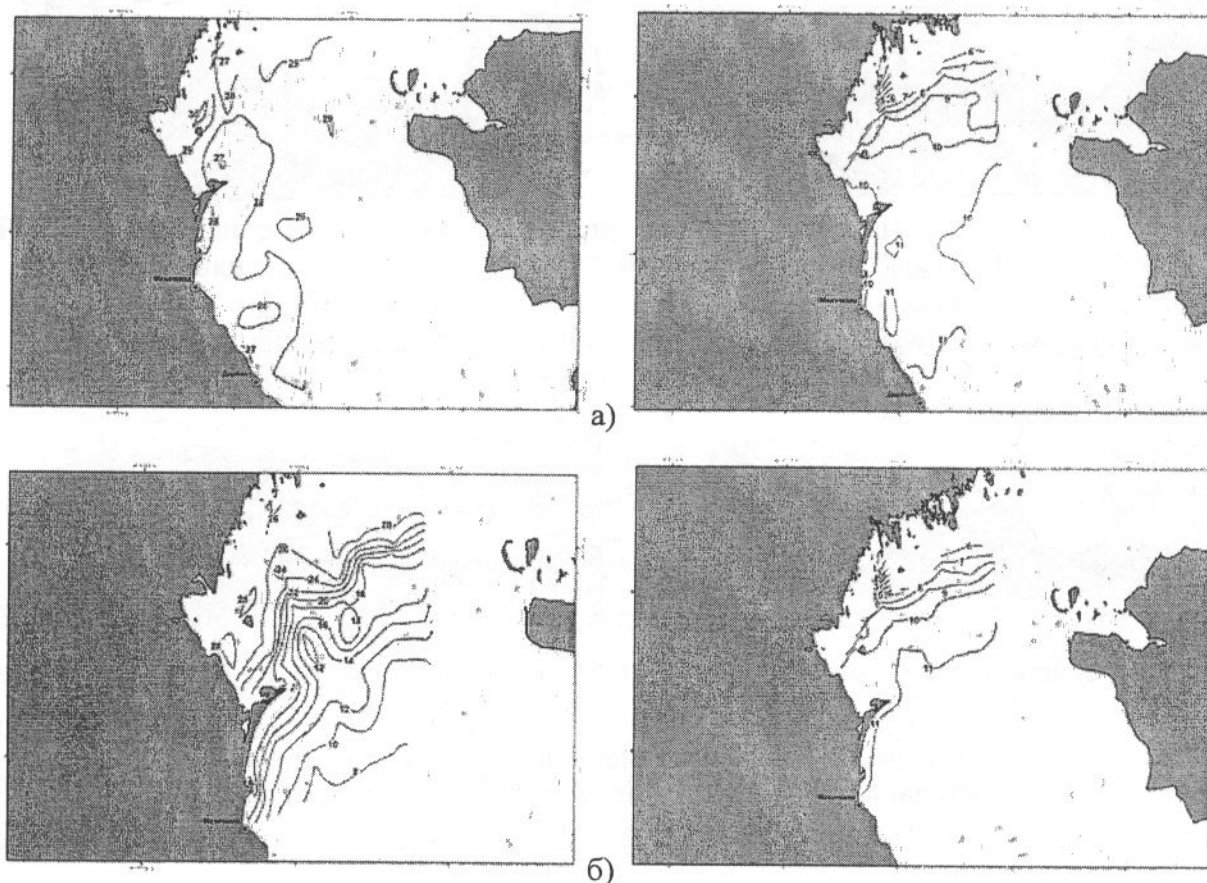


Рис. 7. Распределение температуры воды (слева) и солености (справа): а) поверхностный слой Северный и Средний Каспий, б) придонный слой Северный Каспий (19–28 июля 2008 г. по данным ЮНЦ РАН)

## Заключение

Таким образом, несмотря на маловодность рек в 2007-2008 гг., вызванную преобладанием антициклональных условий формирования их стока вследствие развития в предшествующие годы западного типа макропроцессов и многоводья, южные моря

сохраняют относительно высокое состояние уровней, распресненность и несколько повышенный температурный фон. В то же время соленость Азовского моря и Северного Каспия в последние два года несколько повысилась (соответственно на 0.3-0.5‰ и 1.0-1.4‰) по сравнению с предшествующим периодом (2000-2005 гг.).

В целом термохалинные условия в Азовском, Черном и Каспийском морях являются благоприятными для формирования их рыбопродуктивности. В то же время гидрологические условия воспроизводства рыбных запасов в сети рек бассейнов южных морей остаются неудовлетворительными вследствие антропогенного сокращения половодного стока.

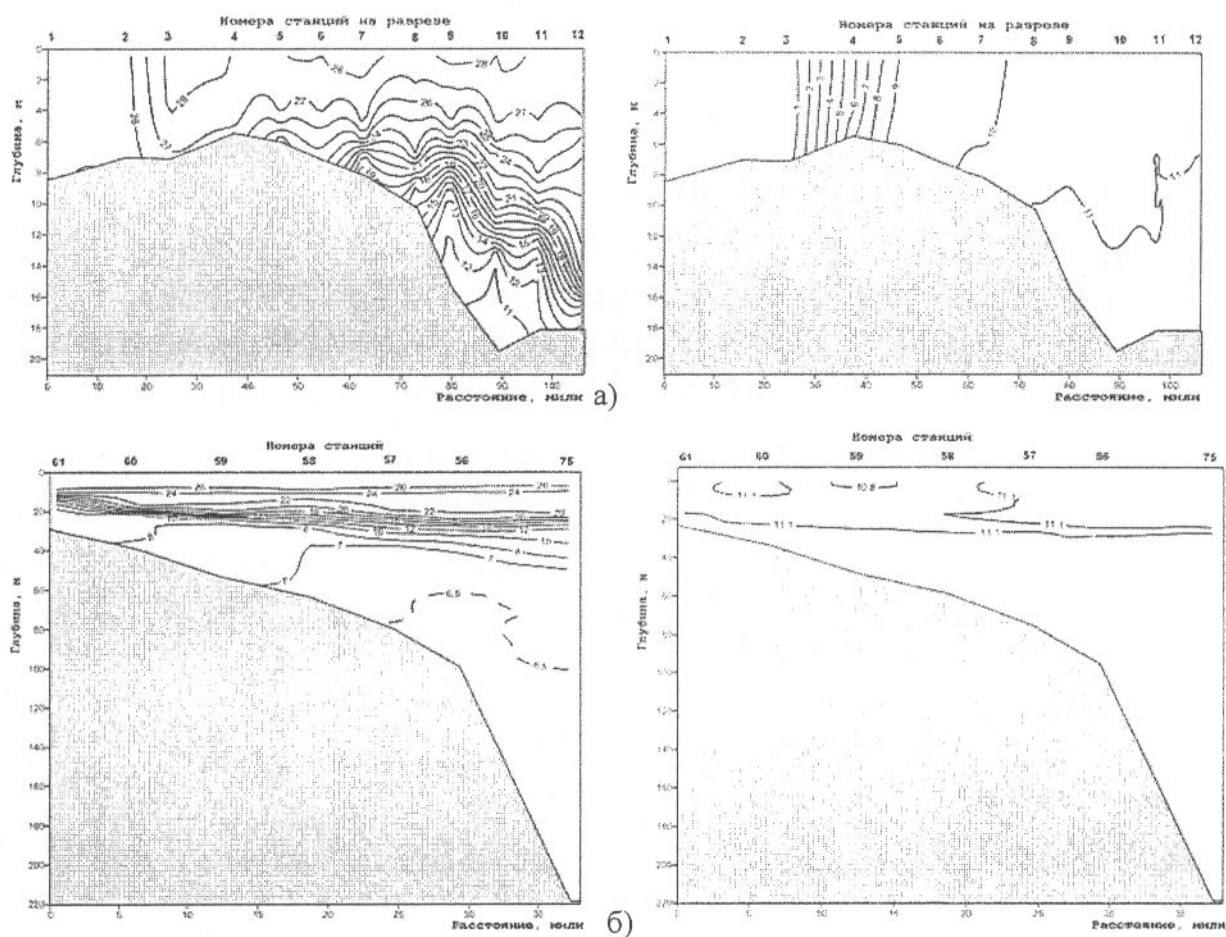


Рис. 8. Профили распределения солёности (слева) и температуры (справа) в российской части Каспийского моря : а – 19 июля, б – 23 июля 2008 г. по данным ЮНЦ РАН.

## Литература

Ежемесячный бюллетень спутникового мониторинга российского сектора Черного и Азовского морей, апрель-сентябрь. М. Изд-во ГУ «НИЦ «Планета», 2008 г., 17с.