

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ
ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК
И ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОРЯ

Глава I

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Каспийское море представляет собой замкнутый бессточный водоем, расположенный на 28 м ниже уровня океана между $36^{\circ}34'$ и $47^{\circ}13'$ с. ш. и $46^{\circ}34'$ и $54^{\circ}44'$ в. д. Так как оно не соединено с Мировым океаном, уровень его испытывает значительные изменения. Это обстоятельство затрудняет точное морфометрическое описание моря, и приведенные ниже характеристики следуют рассматривать как приблизительные (табл. 1).

Таблица 1

Морфометрические данные Каспийского моря

Часть моря	Площадь поверхности, тыс. км ²	Объем воды, тыс. км ³	Средняя глубина, м	Наибольшая глубина, м
Северная . . .	81*	0,41*	5*	20*
Средняя . . .	138***	25,74**	213***	800***
Южная . . .	142***	48,97**	325***	995***
Все море . . .	361	75,12**	—	995

Примечания. 1. Звездочкой (*) отмечены данные В. А. Леднева и Г. Н. Зайцева, приуроченные к уровню 126 см над нулем бакинского футштока, что соответствует понижению уровня на 2 м против средневекового, двумя — данные ГОИНа, тремя — данные Института геологии и разработки горючих ископаемых АН СССР. 2. Здесь и далее тире означает отсутствие данных.

Характер берегов

Геоморфологические исследования в последние годы систематически проводятся Институтом океанологии (Зенкович, 1946) и МГУ (Леонтьев, 1962).

Северные берега Каспийского моря очень пологи и слабо наклонены к морю, окаймлены широкой полосой ветровой осушки, которая периодически затапливается при нагонах и обнажается при сгонах. Как следствие общего понижения уровня Каспия в последнее время на месте бывших мелководных заливов образовались обширные, специфически каспийские солончаки — соры. Соры (Кайдак, Мертвый Култук) распространены к северо-востоку от Мангышлакского залива до устья Эмбы, далее на запад значительную часть берега образуют аккумулятивные дельты Эмбы, Урала, Волги, Терека. Три последние быстро нарастают и очень обширны, особенно волжская. Берега осложнены мелкими островами, протоками, лагунами, а в дельте Волги имеются многочисленные озерца — ильмени.

В. В. Валединский и Б. А. Аполлов (1930) учитывали гидрологический режим дельты и взморья при определении границ дельты Волги, рассматривая ее как область взаимодействия реки и моря. За северную границу была принята граница влияния моря на реку, а за южную — граница влияния реки на море. Западная граница дельты определена как предел распространения западных ильменей в приволжские степи, а восточная — как предел распространения восточных ильменей в прилежащие полупустынные пространства. С. С. Байдин (1956) границы дельты определил следующим образом: за вершину дельты принято место отделения от Волги рукава Бузан; отсюда линии границ спускаются по обеим сторонам дельты, оконтуривая районы ильменей. Южная граница подводной дельты проходит в море по линии свала глубин примерно по изобате 4 м. С падением уровня моря значительно выдвинулся морской край дельты в сторону моря.

Изучение прошлых и настоящих изменений в жизни дельты представляет большой научный интерес и имеет актуальное значение для народного хозяйства, в частности для рыбной промышленности. В течение последних лет Астраханский государственный заповедник систематически исследует природные условия дельты Волги и прилегающих районов Каспия. Вопросы формирования дельты в связи с колебаниями уровня моря в многолетнем аспекте рассмотрены в работе Е. Ф. Белевич (1958). На основании анализа всех литературных и собственных материалов и натурных наблюдений исследователь делает выводы об изменениях дельты и авандельты при разных стояниях уровня моря. В гидрографической сети дельты Волги выделены следующие речные объекты: рукава, протоки, ерики и банки. Озерные объекты представлены в виде култучных и лагунных ильменей. В дельте отмечается пять систем протоков: 1) Бузана, 2) Болды, 3) Камызяка, 4) Старой Волги и 5) Бахтемира.

Между Волгой и Уралом вдается в сушу множество мелководных заливов. К югу от устья Волги тянется также низкий отмелый берег, пересеченный протоками и ильменями, выступающими косами и мысами. Море здесь образует Кизлярский залив, за которым начинается дельта Терека. Терек впадает в мелководный Аграханский залив, отделенный от моря одноименным полуостровом, узким и длинным. У северной оконечности полуострова находятся низкие аккумулятивные Чеченские острова, и в 38 км к северу расположены маленький остров Тюлений.

От основания Аграханского полуострова на юго-юго-восток до Апшеронского полуострова тянется ровный приглубый берег. Здесь близко к морю подходят отроги Дагестанского нагорья, окаймленные узкой аккумулятивной равниной. Берег образован в основном аллювиальными отложениями сбегающих с гор рек и речек.

Далеко на восток выступает в море Апшеронский полуостров, восточная оконечность которого окаймлена банками и мелкими островами Апшеронского архипелага (Жилой, Артем, Нефтяные Камни и др.). Берега Апшеронского полуострова приглубы, местами обрывисты. Южнее его к морю подходят отроги Кавказа, отделенные от моря узкой низменной равниной, которая на юге сливается с обширной Куро-Араксинской низменностью.

Куро-Араксинская низменность имеет аллювиальное происхождение. Берег моря здесь низменный, сильно заболоченный, севернее устья Куры ровный. Вдоль берега, на материковом склоне, расположено большое количество банок, островов (Бакинский архипелаг) и грязевых вулканов. Южнее устья Куры берег осложнен косами (Куринская, Сара), мелководными заливами. Самый большой из них — залив имени Кирова.

От Ленкорани на юг и далее до Бендер-шаха берега (юго-западный и южный) окружены горами. Это Талышинские горы, Богров-даг и огромный хребет Эльбурс. У подножия гор берег выровненный аккумулятивный. Выносы многочисленных рек соединены в сплошную прибрежную равнину. Выдается в море лишь дельта наиболее крупной реки южного берега Сефид-руды.

На южном берегу имеется два мелководных залива. В юго-западном углу моря в берег вдается Пехлевийский залив, соединенный с морем узким проливом; в юго-восточном — вытянутый вдоль берега Горганский залив, отделенный от моря полуостровом.

От Горганского залива берег поворачивает круто на север. До 39-й параллели он отмелый, очень ровный и низменный, образованный так же, как и примыкающая к нему равнина, отло-

жениями некогда впадавших здесь в море рек. Севернее берег остается отмелью и низким, но осложняется полосой небольших заливов и бухт. Общее меридиональное направление сменяется крупными изгибами; в море выступает полуостров Челекен, к югу от которого расположен обширный мелководный Туркменский залив, отделенный от моря Южно-Челекенской косой и песчаным Огурчинским островом. К северу от Челекена находится мелководный Красноводский залив, прикрытый с моря Северо-Челекенской и Красноводской косами. Берега залива сильно изрезаны и низки, за исключением северного, где море подходит вплотную к обрыву Красноводского плато.

Далее до мыса Бекташ ровный аккумулятивный берег представляет собой последовательно с юга на север песчаную косу, низменную равнину и песчано-галечную пересыпь, причем на этом участке выступает несколько каменистых мысов.

Пересыпь отделяет от Каспийского моря самый большой его залив — Кара-Богаз-Гол — площадью в 12 000 км² и глубиной до 10 м. Дно его почти плоское за счет интенсивной хемогенной аккумуляции в спокойных условиях. Высокие и скалистые берега окружают залив с трех сторон, и лишь с западной стороны берег низкий (пересыпь). Уровень залива ниже уровня Каспийского моря, поэтому в узком проливе, соединяющем его с морем, существует постоянное течение в залив, образующее водопад высотой до 4 м.

Севернее мыса Бекташ к морю вплотную подходит западный уступ плато. Берег обрывистый, приглубый, окаймленный абразионными отложениями. Такой характер берега сохраняется на всем протяжении от мыса Бекташ до Манышлакского залива. Береговая линия на этом участке неровная. В сушу вдается Казахский залив, в вершине которого песчаной косой отделяется бухта Кендырли. К северу от Казахского залива в море выступает ряд мысов (Ракушечный, Песчаный и др.). Северо-западная оконечность Манышлака далеко выступает в море и называется полуостровом Тюб-Караган. Северный берег полуострова Тюб-Караган, являющийся одновременно южным берегом Манышлакского залива, обращен в мелководный Северный Каспий. У северного берега полуострова расположен о. Кулалы и несколько мелких островов, объединенных общим названием Тюленых.

На протяжении последних десятилетий уровень Каспийского моря непрерывно понижается, поэтому постоянно перестраивается профиль равновесия береговой зоны применительно к новым условиям. У приглубых берегов происходит размыв и накопление продуктов размыва у береговой черты, у отмелых — осушение больших участков морского дна; повсеместно преобладают аккумулятивные берега над абразионными.

Рельеф дна

Котловина Каспийского моря естественно разделена на три части: северную, среднюю и южную. Северная часть отделяется от средней по линии о. Чечень — м. Тюб-Караган, почти совпадающей с 20-метровой изобатой. Этот мелководный район меет еще больше и сокращается в размерах не только в связи с общим понижением уровня Каспия, но также вследствие аккумулятивной деятельности Волги, Терека и Урала, впадающих в северную часть моря. По всей акватории разбросано много банок и отмелей. В особенности много их у северного берега и на предустьевом взморье волжской дельты, где некоторые банки уже осушились (Новинская, Жемчужная, Жесткая).

По характеру рельефа и глубинам Н. А. Скриптунов (1958) все предустьевое взморье делит на три зоны. Первая — мелководная от морского края дельты до морского бара включительно до изобаты 2 м. Вторая — от морского бара до свала глубин с относительно ровным рельефом и глубинами 2—4 м. Третья — свал глубин, т. е. зона наибольших уклонов дна с резким изменением рельефа. В этой зоне глубина увеличивается от 4 до 8—10 м.

Рельеф Северного Каспия непрерывно изменяется, особенно в предустьевом взморье. Процессы формирования рельефа определяются следующими факторами: а) водным и твердым стоком Волги; б) уровнем моря; в) водной растительностью; г) ледяным покровом. Наиболее существенный из них — твердый сток реки.

Глубины в Северном Каспии увеличиваются в направлении на юг, к средней части моря. От устья Урала на юго-запад протягивается Уральская бороздина — пологое, незначительное понижение дна с глубинами до 9—11 м, тогда как в окружающем районе глубины не более 5 м. Вдоль северного берега полуострова Тюб-Караган проходит узкая Мангышлакская бороздина с глубинами до 13 м. Средняя глубина северной части моря 5 м.

В глубоководных частях моря — Среднем и Южном Каспии — выделяются шельф, материковый склон, дно котловин, а для Южного Каспия — и подводные хребты. Геологическое строение и рельеф подводного склона от береговой линии до дна освещены в большой монографии группой авторов при участии и под руководством М. В. Кленовой и В. Ф. Соловьева (1962). Исследования проводились в отдельных районах моря с целью выяснения перспектив нефтепосынсти пород. Выяснилось, что особенности рельефа дна зависят от геологического строения прилегающей суши.

Последние исследования геоморфологии дна Среднего и Южного Каспия проводились в 1958—1959 гг. морской экспедицией Института геологических наук АН СССР под руководством

В. Ф. Соловьева. По эхолотным промерам рельефа дна построена батиметрическая карта средней и южной частей моря (рис. 1).

В геоморфологическом отношении Средний Каспий представляет собой впадину, границей которой на севере служат Мангышлакский, на юге — Апшеронский пороги. Глубоководная часть Среднего Каспия, по мнению авторов, является сочетанием трех впадин. Самая глубокая из них — Дербентская котловина с плоским, несколько наклоненным на юго-запад дном. К ней примыкают две впадины: первая из них протягивается с небольшим уклоном от мангышлакского мелководья на юго-юго-запад до широты Казахского залива, причем к югу она постепенно расширяется; вторая идет от Апшеронского порога на север до Дербентской котловины — это выровненная наклонная равнина.

Шельф в районе Дербента и Дивичи наиболее узок (до 11 км), а материковый склон наиболее крут (до 1°); наблюдаются оползневые явления. К югу шельф расширяется, а материковый склон становится пологим. В районе Апшеронского полуострова на шельфе имеются тектонические поднятия в виде банок и островов. От широты Дербента на север склон выполаживается, шельф расширяется и смыкается с подводной равниной Северного Каспия. Восточный берег Среднего Каспия по сравнению с западным более пологий, с малыми уклонами. Средняя глубина Среднего Каспия 213 м. Бровка шельфа приблизительно совпадает с изобатой 100 м, а сам шельф занимает 56% площади Среднего Каспия.

Южный Каспий отделяется от Среднего подводной возвышенностью — Апшеронским порогом, максимальная глубина которого около 200 м. Площадь южной части Каспийского моря около 142 000 км², 46% ее занято шельфом с глубинами до 100 м. Средняя глубина составляет 325 м, максимальная — 995 м.

Шельф западного побережья к югу от Апшеронского полуострова имеет много банок, островов и грязевых вулканов. Это — Бакинский архипелаг; в нем за последнее время обнаружен 21 грязевой вулкан; многие из них периодически действуют. Шельф в районе предустьевого пространства Куры выровнен речными выносами. Бровка шельфа на западе отстоит от берега приблизительно на 45 км. Глубина ее изменяется от 65 до 158 м.

На 100—185 км от берега протянут восточный шельф Южного Каспия, причем его наклон увеличивается к бровке. Напротив Красноводского залива расположено несколько банок — грязевых вулканов, а также аккумулятивных банок и останцов. Самым расчлененным участком шельфа является причаленский. К югу от Челекена простирается о. Огурчинский

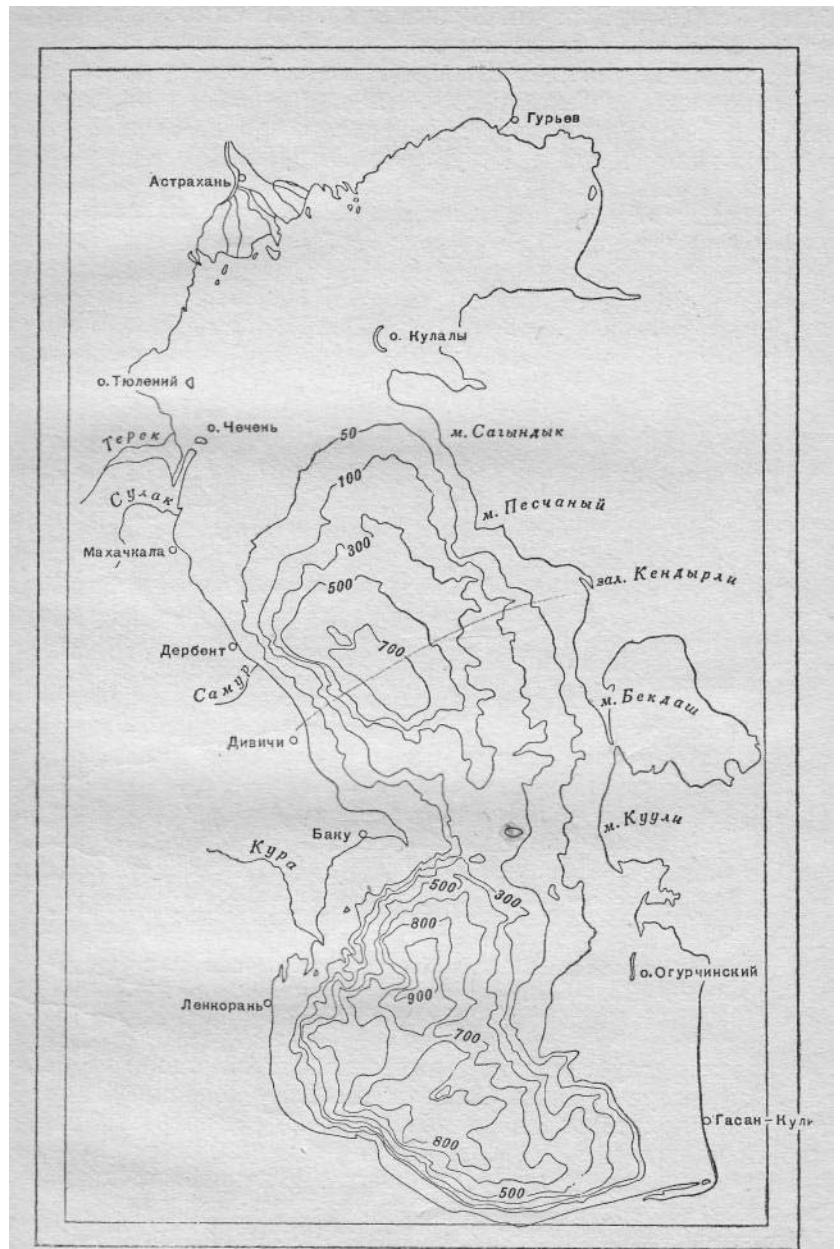


Рис. 1. Батиметрическая карта Среднего и Южного Каспия.

и банки Ульского, Грязный Вулкан и др. Бровка шельфа погружена глубже, чем в западном районе Южного Каспия.

Материковый склон в Южном Каспии очень крут: его наклон измеряется целыми градусами; восточный склон положен западного. Вообще характер материкового склона сложен, многообразен как от места к месту, так и по глубине.

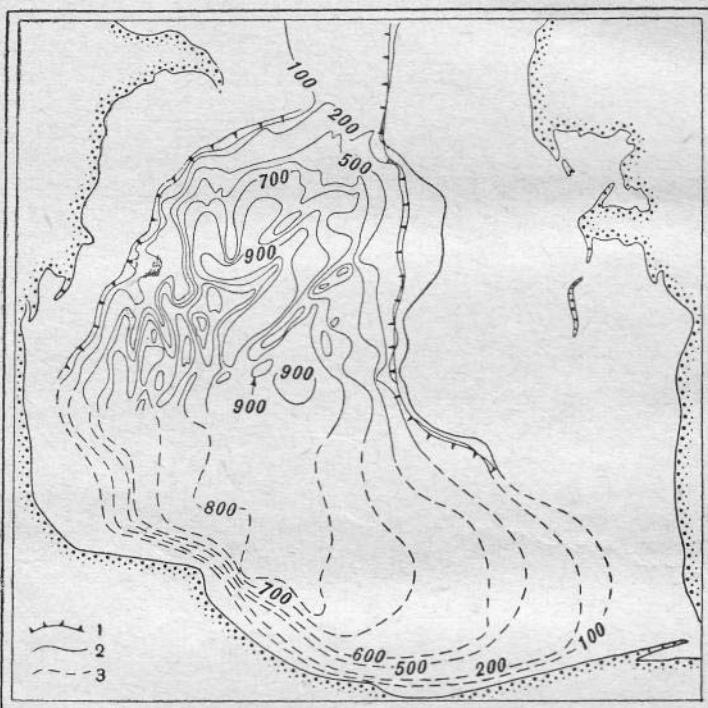


Рис. 2. Рельеф дна Южного Каспия по последним данным.
1 — бровка шельфа, 2 — изобаты по данным эхолотных промеров, 3 — изобаты по данным навигационных карт.

Очертания глубоководной южнокаспийской впадины извилисты: на севере она как бы вдается между подводными хребтами. Вблизи хребтов дно неровное; к югу неровности постепенно исчезают, и в большей части впадины дно совершенно выровненное, а сама она расширяется. Южнокаспийская впадина очерчена изобатами 800—900 м.

Между впадиной и Апшеронским порогом расположены два подводных хребта южного и юго-западного направления высотой 200—250 м относительно дна моря (Соловьев, Кулакова, Агапова, 1960). Склоны хребтов сильно расчленены ложбинами,

грядами, уступами, начиная с 600-метровой изобаты и глубже (рис. 2). Таков же характер дна между хребтами. Выше 600 м подводные хребты имеют ровные склоны. К западу от глубоководной котловины располагаются наиболее крупные подводные горные цепи в пределах Каспийского моря, разделенные глубокими депрессиями. Хребты (их три) крутостенны, со сложным строением гребней и склонов. Относительная высота поднятий естественно меняется в зависимости от их положения на материковом склоне, но в ряде случаев превосходит 400 м. Между впадиной и восточным склоном материковой отмели находится несколько возвышенностей меньшей высоты и с более пологими склонами. Самая большая из них протягивается от широты п-ва Челекен на 110 км на юго-запад, а ее наибольшая относительная высота 300—350 м.

Донные отложения

Процесс осадкообразования в Каспийском море протекает при очень сложных условиях. Различные климатические условия моря обусловлены его меридиональной протяженностью. Геоморфология берегов и рельеф дна накладывают свой отпечаток на формирование осадков. Первостепенное значение имеют гидродинамические факторы: течение и волнение, которые обуславливают перенос и сортировку материала, а также распределение осадков по механическому составу. Большое влияние на генезис осадков оказывают гидрохимические условия. В Каспийском море широко распространено хемогенное выпадение карбонатов из пересыщенной ими воды. Процесс осадкообразования осложняется тектонической и грязевулканической деятельностью на дне, что влечет за собой изменение рельефа и связанного с ним распределения осадков, а также обновление их новым материалом в результате выброса грязевых вулканов.

Современные донные отложения Каспийского моря по генетическим признакам, механическому и вещественному составу существенно разнообразны.

По материалам 1953—1964 гг. (Пахомова, 1956а), в северной части моря отлагаются крупнозернистые осадки терригенного происхождения: песок и илистый песок. Это объясняется гидрологическим режимом Северного Каспия: ветровыми течениями, волнением в условиях мелководья и незначительными уклонами дна. Все это вызывает взмучивание, перемешивание и перенос материала. Мелкие частицы вымываются и переносятся дальше, крупные остаются на месте. Во всех грунтах имеется примесь ракушки, а в некоторых участках она является основной составляющей частью осадков. Часто под небольшим (менее 10 см) слоем современного отложения вскрывается древняя

видеть, что осадки на западе сложены в основном из обломочного терригенного материала, а на востоке — из карбонатного, преимущественно биогенного.

В Каспийском море встречаются также диатомовые отложения, состоящие из панцирей диатомовых водорослей. Они обнаружены в северо-восточной части Среднего Каспия и на Апшеронском пороге. Дно центральной глубоководной части Среднего и Южного Каспия покрыто тонкими илами.

В южной части Каспийского моря, на склоне восточного побережья, сохраняется в общем такой же характер грунтов, как и в средней. По данным Л. С. Кулаковой (1962), до глубины 50—70 м дно покрыто грубозернистыми карбонатными осадками — ракушечно-оолитовым песком с примесью ракуши. Оолитовый песок и ракушка часто цементируются выпадающим карбонатом кальция и образуют гальки и конкреции. Местами на дне обнажаются коренные породы, представляющие собой древние известняки и глины. В понижениях дна отлагается илистый песок, песчанистый ил и ил. Заиленность этих участков связана с размывом выходящих на дне глин и переносом мелкого материала волнением от берега в море. В южной части побережья прослеживается кварцевый песок почти параллельно берегу. Слоны восточного побережья Южного Каспия покрыты светлым серым карбонатным илом с примесью ракуши.

Глава II.

КЛИМАТИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Климат Каспийского моря определяется его географическим положением, атмосферной циркуляцией, характером берегов и дна, рельефом прилегающей суши и тепловым влиянием вод моря. Все это обуславливает различие климатических условий в разных частях моря. Северные и восточные берега моря низменны и открыты для свободного проникновения воздушных масс с севера и востока, что создает континентальность климата северных и восточных районов моря. Рельеф юго-западного и южного побережий горист и поэтому способствует обилию осадков в этих районах. Горные хребты, вызывающие осадки с на ветренной стороны, смягчают климат южной части моря, приближая его к морскому субтропическому.

Ветер

Н. А. Скриптуров (1958) подробно анализирует ветровой режим на предустьевом взморье Волги. По его данным, здесь преобладают ветры восточных румбов. Их повторяемость равна 27%. Ветры этих румбов имеют наибольшую среднюю скорость,

и более устойчивы. Наименьшей повторяемостью отличаются ветры южного и юго-западного направлений (5%). В начале года преобладают восточные ветры, к июлю их повторяемость уменьшается, а повторяемость западных ветров увеличивается. К осени повторяемость восточных ветров усиливается и к ноябрю достигает максимума (50%).

Для предустьевого взморья Волги очень характерны сгонно-нагонные явления. Ветры, направленные с северо-северо-востока на юго-юго-запад, для предустьевого взморья являются нейтральными. Восточные ветры оказываются нагонными, а западные — сгонными.

Ветры над северной частью Каспийского моря подчинены влиянию основных центров действия атмосферы. Средняя скорость ветра любых румбов составляет приблизительно 4 балла. В холодное полугодие преобладают ветры восточной четверти (50—70%); в теплое несколько чаще повторяются ветры северо-западной четверти. Наибольшая повторяемость штормов (6%) наблюдается весной (Леонов, 1960; Бобров, 1959).

В южной и средней частях моря ветровой режим определяется главным образом муссонной циркуляцией, на фоне которой меньшее значение имеют крупномасштабные процессы. Зимний муссон (перенос с суши на море) господствует в течение девяти месяцев; летний (перенос с моря на сушу) наблюдается только в течение июля и августа, причем его интенсивность невелика по сравнению с зимним, а проходящие циклоны нарушают муссонное поле ветра.

В общем, по всей акватории сила ветра зимой больше, чем летом. Исключением являются районы Апшеронского полуострова и области к югу от Красноводска, где в июле—августе скорости ветра достигают максимальных величин. Повторяемость ветра большой силы, как и на любом море, имеет место у выдающихся мысов: Тюб-Караган, Апшерон, Кара-Богаз-Гольская пересыпь, а также у Махачкалы. В этих местах может быть от 70 до 90 штормовых дней в год (Бобров, 1959). Самыми спокойными местами являются области, защищенные горами: иранское и дагестанское побережья, где средняя скорость ветра за год равна 2 баллам. В этих же местах иногда в холодное полугодие дуют сильные, специфически сгонные ветры — фены, очень теплые и сухие. Суточный ход скорости ветра выражен неярко, но в общем днем ветер сильнее, нежели ночью. На всем побережье в теплое время года наблюдаются бризы.

Температура воздуха

Абсолютные значения и характер изменения температуры воздуха по всей акватории неодинаковы, однако повсеместно сезонный ход температуры отчетливо выражен. Всюду июль —

самый теплый месяц, а январь — самый холодный. Общей особенностью всего моря являются высокие летние температуры: 25—27° на востоке и 24—26° на западе моря.

Климат северной части моря очень суровый, резко континентальный. В январе и феврале средняя месячная температура воздуха отрицательна и понижается с юго-запада на северо-восток от —1° у с. Чечень до —10° в Гурьеве. В северо-восточной части моря возможны морозы до —35°. В промежуточные сезоны температура меняется очень резко, причем осень (календарная) теплее весны. Эта разница, характерная для морского климата, уменьшается к северо-востоку и вблизи устья Эмбы исчезает совершенно. Лето на Северном Каспии очень теплое. Средняя июльская температура над всей акваторией примерно 25° и лишь на границе со средней частью моря несколько понижается. Годовая амплитуда — хороший показатель континентальности климата — достигает у Гурьева 35° и понижается по направлению к Среднему Каспию до 26°.

Температурные условия средней части моря весьма разнообразны. Летом и зимой изотермы протягиваются с северо-запада на юго-восток, причем градиент температуры летом на порядок меньше, чем зимой, и направлен в противоположную сторону (на северо-восток). Весной и осенью расположение изотерм ближе к широтному. Во все сезоны, кроме лета, заметно охлаждающее влияние Северокаспийского течения на узкую область вблизи западного берега. Средняя январская температура увеличивается от —3° у побережья Мангышлака до 3° в районе Апшеронского полуострова; нулевая изотерма делит среднюю часть моря пополам. На восточном берегу средняя температура июля достигает 27°, а на западном — 24,5°. В заливе Кара-Богаз-Гол наблюдается наивысшая средняя месячная температура во всем море 28° (июль). Годовая амплитуда у п-ва Мангышлак равна 28° и так же, как в северной части моря, уменьшается на юго-запад к Апшеронскому полуострову до 21°. Осень повсеместно на 3—4° теплее весны.

Наиболее однородно распределена температура над морем в южном районе. Все средние месячные температуры положительны. Континентальность уменьшается на юго-запад, где в районе Пехлеви климат близок к морскому субтропическому. Смягчение климата определяется небольшим понижением летних температур, повышением зимних и перемещением летнего максимума на август.

Средняя годовая температура изменяется с севера на юг от 8° в Гурьеве до 15—16° на иранском берегу. Число дней с морозом в Гурьеве 130; в Ноушехре (Иран) 4 (Бобров, 1959, Леонов, 1960).

Суточная амплитуда температуры велика вдоль северных и восточных берегов и уменьшается к югу и западу.

Влажность воздуха, осадки

По литературным данным, годовая сумма осадков почти над всем морем менее 200 мм. На южном и юго-западном берегах осадков выпадает значительное количество (свыше 500 мм), а на участке Ленкорань—Сефид-руд оно превышает 1000 мм. Самым влажным местом на всем море является Пехлеви (1543 мм осадков в год). Осадки в этом районе обязаны своим происхождением горам, а точнее, тем динамическим и адиабатическим процессам, которые возникают при встрече воздушных потоков с горным препятствием. Этими же причинами объясняется увеличение годовой суммы осадков у Дагестанского хребта (до 300—400 мм).

В северной части моря осадки почти равномерно распределены по сезонам. По мере движения на юг наблюдается все более отчетливый сезонный ход осадков. На восточном берегу очень засушливое лето, например, на Челекене выпадает всего 10% годовой суммы осадков, и без того малой.

Такой же годовой ход осадков имеет место и во влажных районах моря: 50% годовой суммы выпадает осенью и 30% — зимой. У дагестанского побережья минимум осадков (40% годового) приходится на весну и лето.

Повсеместно дожди выпадают значительно чаще, чем снег, даже в Гурьеве, самом холодном месте на Каспии, в году всего 27 дней с твердыми осадками.

Годовой ход влажности определяется описанными выше температурными условиями и распределением осадков. Средние месячные величины относительной влажности в северной и восточной частях моря колеблются от 45 летом до 85% зимой. В изобилующих осадками южных районах годовая амплитуда влажности примерно 10% при значениях летом 70—80, а зимой 80—90%, но в этих же горных районах в холодное время года при фенах влажность может падать до 20—30%.

Дагестанский берег занимает промежуточное положение. Годовой ход влажности на дагестанском берегу по величине амплитуды напоминает северный и восточный берега, но больше по абсолютной величине.

Распределение облачности совпадает с распределением относительной влажности и осадков. В северных и восточных районах облачность равна летом 30—35, зимой 60%, в остальных районах соответственно — 40 и 80%.

Из-за незначительной облачности в восточной части моря наблюдается очень большая продолжительность солнечного сияния, какую мало где еще можно найти на планете. В свою очередь, длительностью солнечного сияния и низкой относительной влажностью объясняется значительное испарение: 1000 мм в среднем за год со всей акватории.

Глава III

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Водный баланс и уровень

Изучением водного баланса Каспийского моря занимались многие исследователи. В основном эти работы велись в Государственном гидрологическом институте. Последняя большая работа по этому вопросу выполнена Б. Д. Зайковым (1946). Позднее внесены некоторые уточнения элементов водного баланса и все имеющиеся материалы обобщены (Ремизова, 1964).

Сток и осадки составляют приходную часть водного баланса моря, испарение и сток в залив Кара-Богаз-Гол — расходную. Водный баланс Каспийского моря, по данным за 1936—1961 гг., представляется в следующем виде:

Сток поверхностный и подземный, мм	758
Атмосферные осадки, мм	185
Приход, мм:	943
Испарение с поверхности моря и сток в залив Кара-Богаз-Гол, мм	1018
Прочие элементы (заносимость, непосредственный забор воды), мм	3
Расход, мм:	1021
Несходимость водного баланса, мм	78

Все элементы водного баланса очень изменчивы. Имея общую первопричину — инсоляцию, они изменяются в связи с колебаниями солнечной активности односторонне, но не синхронно. Наиболее крупные изменения претерпевают элементы прихода. Сток может колебаться в пределах 500—1000 мм, амплитуда годовых сумм осадков равна 100 мм, минимальные их значения за 60 лет наблюдений в два раза меньше максимальных. Разница между наибольшими и наименьшими величинами испарения составляет 200 мм.

Средний уровень моря катастрофически понижается, так как основная часть прихода — речной сток последние 75 лет сокращается.

Особенно резкое падение уровня наблюдалось за минувшее тридцатилетие — 2,54 м, или 0,077 м в год, т. е. ежегодно на величину несходимости водного баланса.

Подсчитано, что реки ежегодно недодают Каспию 35 км³ воды (Аполлов, Алексеева, 1959). Из Волги, дающей 80% годового стока с поверхности, в 1957 г. на бытовые нужды должно было быть израсходовано 20 км³ воды, в 1963 г. (прогноз) — 28 км³, а всего из поверхностного стока — 43 км³ (Рутковская, 1959). Кроме того, сток в море и количество осадков уменьшаются в связи с общим потеплением.

В то же время уменьшается испарение, вызванное сокращением за 30 лет, на 9% площади испаряющей поверхности; полностью дефицит водного баланса не покрывается, и море продолжает ежегодно терять 24 км³ воды. На фоне этого процесса происходят разнoperиодные колебания уровня, также связанные с несходимостью водного баланса.

Сезонные колебания уровня весьма значительны. Высшее стояние отмечается летом (свыше 20 см над средним уровнем) и связано с поступлением в море паводковых весенних вод. К осени сток сокращается, начинает сказываться результат испарения и уровень падает до февраля (12 см). Годовая амплитуда составляет 30—35 см.

В основе многолетних колебаний уровня, о причинах которых еще не сложилось единого мнения, лежат климатические явления, а тектонические процессы по сравнению с ними, по крайней мере в историческое время, имели подчиненное значение. Многолетние колебания уровня носят, как полагают, циклический характер, очень, однако, сложный, связанный с длительными изменениями (примерно десятилетними). За период с 1830 г. (по регулярным наблюдениям по футштоку) амплитуда средних годовых уровней составила 3 м. Между двумя соседними годами разность нередко была 20—30 см (до 58 см), наблюдались также периоды почти одинакового стояния уровня в течение нескольких лет подряд, а с 1948 г. отмечалось однозначное падение среднего многолетнего уровня.

Колебания уровня моря могут происходить и без изменения объема воды под действием атмосферных процессов и приливно-отливных явлений. Неравномерность распределения над морем атмосферного давления и его производных (ветра и течений) создают условия для деформации уровенной поверхности.

Неравномерность давления вызывается сейшами — свободными колебаниями в виде стоячей волны. Амплитуда сейш на Каспийском море достигает 70 см. Чаще всего повторяются сейши с периодом 12 час., но возможны периоды от 6 час. до нескольких суток. Узлы сейш располагаются в зависимости от их периодов (Полукаров, 1960). Сейши на Каспии чрезвычайно редки.

Очень развиты на Каспийском море сгонно-нагонные колебания уровня. Причиной их служат обычно ветры, господствующие над всем морем или над большей его частью — генеральный перенос. Местные особенности ветра большой роли не играют. При любом направлении ветра море делится нулевой изогипсой на сгонную и нагонную части.

Северные ветры вызывают сгоны к северу от линии Карабогаз-Гол — Махачкала большие у западных, нежели у восточных берегов. Наибольший нагон отмечается на Апшеронском полуострове. Нагон в северо-западной части моря достигает

наибольшей величины вблизи дельты Волги. У восточного берега максимальный нагон в северо-восточной части моря происходит при западных ветрах.

Сгонно-нагонные явления лучше изучены в северной части моря, где амплитуда колебаний уровня зависит от глубины. Под воздействием ветра благодаря мелководности района и речному стоку создаются благоприятные условия для существенных сгонно-нагонных колебаний уровня в предустьевом пространстве. Максимальная величина нагона 2,8 м, сгона 1,8 м. Наибольшую величину нагонов и сгонов Н. А. Скриптуров отмечает на баре (1958).

Течения

Сгонно-нагонные колебания уровня непосредственно связаны с ветровыми и компенсационными течениями. По Г. В. Ржеплинскому, ветровые течения захватывают поверхностный слой воды, а в северной части Каспия — всю толщу моря, так как здесь велик коэффициент вертикального обмена. Ветер силой до 3 баллов не вызывает заметного течения. В 40% случаев оно или вовсе не возникает или направлено в противоположную сторону (Леонов, 1960). При более сильных ветрах зависимость направления течений от скорости возрастает. По данным П. С. Линейкина, А. И. Фельзенбаума (1955), в Северном Каспии течения направлены по ветру и через 3—4 часа устанавливаются. Поэтому существовало мнение, что общая схема течений в этом районе определяется не ветром, а стоком Волги. Но многие исследователи не склонны придавать большого значения волжскому стоку и ограничивают область его влияния предустьевым взморьем. Летом к Северному Каспию лучше подходит антициклоническая схема течений, поддерживаемая, как полагают, местной муссонной циркуляцией (А. Шлямин, 1959). Зимой эта часть моря покрыта льдом и не подвергается воздействию ветра.

Течения на предустьевом взморье вызываются стоком Волги, ветром и разностью отметок уровня в различных районах Северного Каспия (Скриптуров, 1958). В самой мелководной части предустьевого взморья преобладают стоковые течения, в зоне от бара до свала глубин — дрейфово-градиентные течения. На свale глубин проходит граница течений из Среднего Каспия. Волжские воды на взморье делятся на два основных потока — западный и восточный.

Циркуляцию в Каспийском море можно понимать условно как суммарное, результирующее перемещение, в процессе которого частицы воды испытывают сложные движения под влиянием меняющегося поля ветра над морем. В этом смысле в глубоководных частях моря течения стабильны. О них можно

говорить уже не как о ветровых, а как о дрейфовых течениях, так как масса воды, охваченная движением, довольно велика, а следовательно, велика и инерция. В глубоководных частях моря система течений подчиняется господствующему во времени и пространстве атмосферному переносу (Штокман, 1947).

В Каспийском море для развития течений решающее значение имеет меридиональный перенос, причем в холодное время года — северный. Соответственно дрейфовое течение имеет южное направление. Компенсационное течение, возникающее как реакция на изменение уровня, направлено на север. В общем, оно подстилает дрейфовое течение, но в силу поперечной неравномерности ветра выходит на поверхность там, где северный перенос слабее (у восточного берега моря). В итоге создается циклоническая циркуляция во всей глубоководной части моря, поддерживаемая зимним муссоном. Зимний муссон в течение 9 месяцев направлен с суши на море и кориолисовой силой отклонен вправо от нормали к берегу. Сложененный с северным переносом, он создает поперечную неравномерность ветра, усиливая воздушный поток у западного берега и ослабляя — у восточного. Таким образом, вдоль западного берега течение идет на юг, и стрежень его находится над свалом глубин, вдоль восточного — на север (Штокман, 1937). Апшеронский полуостров делит идущее с севера течение на две ветви. Одна из них направлена на восток и, сливаясь с северным течением вблизи восточного берега, создает замкнутый круговорот (против часовой стрелки) в Среднем Каспии. Другая, главная ветвь течений направлена на юг до Ирана, далее на восток, затем на север вдоль берега, образуя такой же круговорот в Южном Каспии. Южнее Апшеронского полуострова существует (рис. 3) небольшое антициклоническое завихрение (схема В. А. Леднева, 1943). Течение у восточного берега отражается от полуострова Тюб-Караган на запад, замыкая таким образом циркуляцию в средней части моря. Небольшая ветвь его проникает в Северный Каспий.

Течения в южной части моря образуют слабо выраженный круговорот по часовой стрелке, а в средней части происходит общее перемещение поверхностных вод на север. Процессы, формирующие летнюю циркуляцию вод Каспийского моря, — южный перенос и летний муссон — слабее в два раза, чем зимой, а потому устойчивость ее значительно меньше (Ржеплинский, 1955; Шлямин, 1959).

Каждой из трех частей Каспийского моря присущи особые гидрометеорологические условия. В связи с этим естественным делением большой интерес представляет водообмен через пограничные сечения между северной и средней частями (о. Чечень — п-ов Мангышлак) и между средней и южной частями (Апшеронский порог). Г. В. Ржеплинский выделяет два основ-

ных типа водообмена между Северным и Средним Каспием: при ветре западных и восточных направлений. Горизонтальное расслоение течений (по поверхности — на юг, у дна — на север)

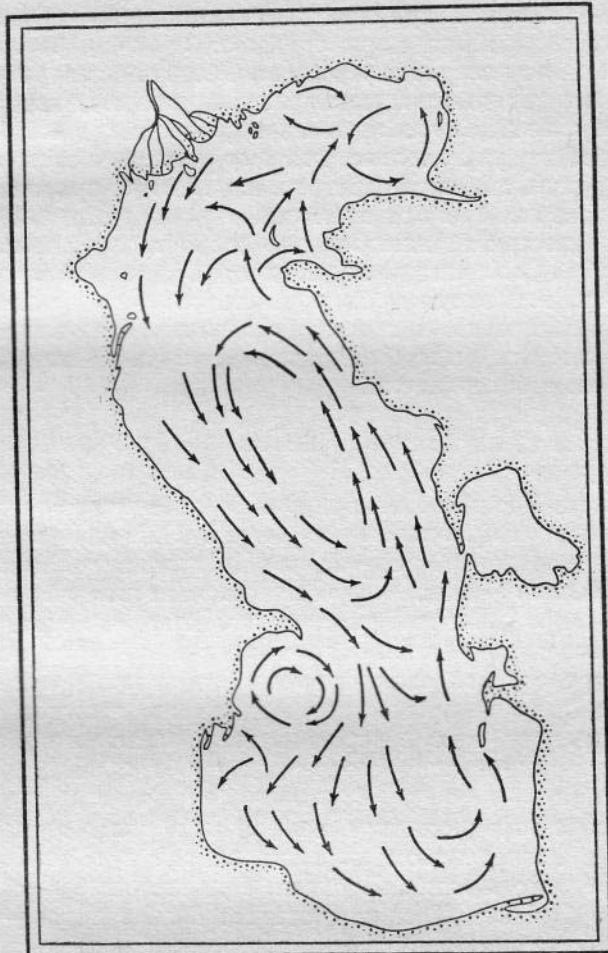


Рис. 3. Схема поверхностных течений
(по В. А. Ледневу).

происходит при втором типе. Течения, направленные на север, располагаются вдоль берегов, а направленные на юг — в средней части сечения при господствующих западных ветрах, причем величины водообмена здесь в два раза больше, чем при восточных. Суммарный годовой расход воды на этом сечении равен 2710 км^3 , т. е. объем воды в северном районе моря обновляется за год не один раз.

Водообмен через Апшеронский порог имеет следующие основные черты: происходит преимущественное поступление глубинных вод из Среднего Каспия в Южный и поверхностных в противоположном направлении (Уланов, 1963). Основной поток из южного района моря занимает среднюю и восточную части сечения от поверхности до дна. Течение с севера занимает желоб и часть западного материкового склона, над которым расположен стрежень. Скорости течения у дна такие же, как и на поверхности (не удивительно поэтому, что на пороге находят галечные грунты). Вблизи берегов наблюдаются противотечения, причиной которых считают завихрения у выступающих на пути течения препятствий: Апшеронского полуострова и мыса Куули (Уланов, 1963). Характер водообмена над порогом приводит к мысли, что водообмен происходит за счет дрейфовых и компенсационных течений, ибо если бы он был чисто плотностным, то нулевая изотаха была бы горизонтальна, тогда как на самом деле она близка к вертикали.

Волнение

Волнение в Каспийском море при сильном ветре развивается быстро и имеет неправильный характер. Южная часть — самое спокойное место моря, Апшеронский порог и западная половина Среднего Каспия — самое бурное. Развитие волнения зависит от скорости, продолжительности и направления ветра. У берегов и в северной части моря волнение ограничено глубиной. Для расчета ветрового волнения применена типизация полей ветра над морем. Всего выделено шесть типов сильных ветров, наиболее важные из них северо-западный, северный и южный; повторяемость полей волн соответственно 51, 30 и 17% (Иконникова, 1960).

При северо-западном типе наибольшая сила волнения наблюдается в Апшеронском морском районе и в сопредельной области Среднего Каспия. В сильные длительные штормы высота волн в Среднем Каспии достигает 4 м, а период — 8 сек. Штормы этого типа наиболее часты осенью и зимой и редки весной.

Поля волн северного типа характеризуются развитием максимального волнения в юго-западном районе Северного Каспия. Наибольшие элементы волн (высота, длина, период) при прочих равных условиях наблюдаются в холодном полугодии, причем в сильный шторм высота может достигать 5 м, а период — 10 сек.

Во время штормов южного типа наибольшее волнение развивается на севере и западе Среднего Каспия главным образом в холодное полугодие (Иконникова, 1960).

Термический режим

Главным источником тепла, получаемого Каспийским морем, является радиация (термическое воздействие речного стока мало). Расходуется тепло в основном на испарение и излучение. Баланс покрывается теплообменом с атмосферой, который на большей части Каспийского моря имеет отрицательный знак. Особенно велик он в заливе Кирова, в Апшеронском и северо-западном районах моря. Положительный баланс (Архипова, 1957) отмечается на крайнем юге ($29 \text{ ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{год}$), вблизи пролива Кара-Богаз-Гол ($20 \text{ ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{год}$), у Дагестанского берега ($3 \text{ ккал}/\text{см}^2 \cdot \text{год}$).

В связи с годовым ходом суммарной радиации в Каспийском море до значительных глубин прослеживаются соответствующие изменения температуры, которые уменьшаются с севера на юг и с глубиной. По данным Бакинской морской обсерватории, сезонные изменения температуры отмечаются до глубины 200 м.

Зимой Северный Каспий покрывается льдом. Наступает гомотермия, устанавливается отрицательная температура воды, которая зависит от солености. Водообмен со средней частью моря несколько искажает эту картину: на юге Северного Каспия, по данным февральского разреза о. Чечень — п-ов Мангышлак, наблюдается инверсия температуры при положительных значениях порядка целых градусов. Инверсия температуры воды отмечается также в местах с большой соленостной устойчивостью — вблизи устьев рек, где слой пресной воды подо льдом предохраняет от выхолаживания лежащую под ним более теплую и соленую воду.

Средняя и южная части моря зимой не замерзают. Зимняя вертикальная циркуляция в Среднем Каспии проникает до глубины 200 м. (А. Н. Косарев, 1963), т. е. почти повсюду до дна, исключая Дербентскую впадину. Температура, которая устанавливается к февралю в слое, охваченном конвекцией, ниже всего у кромки льда, у западного берега, где проходит холодное течение, и на мелководьях вблизи восточного берега (соответственно $-0,5$ и 3° в 1959 г., 2 и 6° в 1960 г.). Район, наиболее удаленный от берегов и мелководий, самый теплый зимой. Температура воды колеблется незначительно (от $5,5$ до 7°) и понижается ко дну до $4,4^\circ$.

В Южном Каспии распределение температур в феврале подобно (но не идентично) распределению их в Среднем Каспии. Воды центрального и юго-восточного районов самые теплые ($10,2$ — 12°). На мелководьях, где зимняя вертикальная циркуляция проникает до дна, температура перемешанного слоя ниже: в холодный 1959 г. у восточного берега наблюдалось от $3,1$ до $5,5^\circ$. В иные годы температура достигает в феврале 10° .

Самым холодным районом Южного Каспия зимой является северо-западный, где вследствие вторжения северокаспийского течения температура на 0,5—1° ниже, чем на тех же широтах у восточного берега. В Южном Каспии зимой вертикальная конвекция выравнивает к февралю температуру воды в слое до 100 м (Косарев, 1963). Необходимо отметить, что, начиная с предельной глубины проникновения вертикальной конвекции до дна, температура меняется очень незначительно по времени и вертикали и приблизительно равна многолетней средней самого холодного месяца.

С марта начинается интенсивный прогрев верхних слоев воды и распространение его вглубь. Наиболее быстро прогревается Северный Каспий и мелководья средней части моря, где месячное повышение температуры воды может достигать 8°, несколько медленнее растет температура в Южном и глубоководной части Среднего Каспия. К апрелю поверхностные воды Северного Каспия нагреваются до 10—15° и становятся теплее, чем в средней части моря. Течение, поступающее оттуда, выражается в изгибе изотерм в Среднем Каспии в виде языка холода. В среднем и южном глубоководных районах течения пере распределяют тепло таким образом, что температура понижается к западному берегу. Температура воды на поверхности Южного Каспия, по данным Бакинской ГМО, в апреле такая же, как и Северного.

Прогрев верхнего 25-метрового слоя увеличивается до июля—августа. Нижележащие слои достигают максимума температуры с запозданием. Таким образом, до августа градиенты температуры в слое 0—50 м непрерывно возрастают.

Так как гидрологическое лето в Северном Каспии наступает раньше, чем в Южном (соответственно июль и август), то августовская съемка отмечает понижение температуры поверхности воды с севера на юг примерно на 3—6°. Летом вблизи восточного берега Среднего Каспия наблюдаются пониженные значения температуры воды: в среднем за август в Бекташе и порту Шевченко 19,5—20,5° против 23—24° в Изберге и Махачкале. В центре района вода на поверхности несколько теплее. Понижение температуры у берегов, видимо, следует за установлением антициклонической системы течений, когда по теоретической схеме течений в замкнутом море происходит поперечная циркуляция. В результате на поверхности появляется составляющая, направленная вначале от берега к центру моря, затем вертикально вниз, а в нижних горизонтах к берегу и, наконец, у берега вертикально вверх (т. е. происходит подъем вод). Случай очень значительных понижений температуры в августе, по наблюдениям в Бекташе (5 августа 1963 г. до 13° и 26 августа 1962 г. до 25°), совпадали с такой системой ветра над морем, которая усиливала антициклонический круговорот.

Начиная с августа в северном районе моря и с сентября в южном происходит охлаждение, что при продолжающемся проникновении тепла вглубь ведет к уменьшению температурной разности. С начала охлаждения развивается конвекция, вследствие которой температура во все большем и большем слое выравнивается. Этот процесс идет до начала нагревания, т. е. до января в Северном и Среднем Каспии и до февраля в Южном. Вертикальное перемешивание, связанное с охлаждением, быстро охватывает слой в 30—60 м (Косарев, 1963). На этой глубине в Каспийском море находится термоклин — слой, обладающий большой вертикальной устойчивостью (десятки тысяч единиц $E \cdot 10^8$ в августе), который задерживает продвижение перемешивания вглубь. Гидрологические разрезы в конце ноября обнаруживают гомотермию до глубины 30—50 м, следовательно, полную однородность вод Северного Каспия и мелководий остальной части моря от поверхности до дна. По достижении зимней вертикальной циркуляцией дна происходит общее понижение температуры толщи воды, ставшей уже термически однородной, вплоть до ледообразования. Ледообразование происходит с начала ноября на северо-востоке Каспийского моря, где вода к этому времени бывает даже переохлаждена (Леонов, 1960). В конце зимы неподвижный лед занимает весь Северный Каспий и прибрежный район западной части Среднего. Припай образуется до Избербаша на юге, но в отдельные годы распространяется и до Апшеронского полуострова. На западе Северного Каспия лед более торосист, сплоченность его меньше, нежели на востоке. Волжское течение, которое подо льдом не искажается ветром, выносит на юг льды, оторванные от кромки волнением и ветром. Плавучий лед можно встретить на широте Апшеронского полуострова.

Ниже описаны водные массы, занимающие Каспийское море (Косарев, 1962). Северокаспийская водная масса занимает весь объем Северного Каспия до изогалин 10—11%. Температура изменяется в пределах 0,5—25°. Вертикальная стратификация велика лишь на западе района формирования, но быстро разрушается при развитии волнения.

Вторая верхняя каспийская водная масса занимает Средний и Южный Каспий до глубины проникновения вертикальной конвекции (100—200 м). Величина сезонных колебаний температуры уменьшается до нуля на этой глубине, таким образом в верхней каспийской водной массе наблюдаются сезонные изменения температуры. В холодное время года она почти однородна по вертикали, а в теплое — на глубине 30—50 м, как уже указано, имеет термоклин.

Глубже 200 м в Среднем и 100 м в Южном Каспии лежат воды с неизменной от сезона к сезону температурой. Они заполняют соответственно Дербентскую и Южнокаспийскую впад-

дины и, как и впадины, разделены Апшеронским порогом. Таким образом, водообмен между впадинами, вертикальная конвекция и турбулентный обмен с вышележащими водами затруднены. Во впадинах залегают воды с очень консервативными свойствами и пониженным содержанием кислорода. Температура глубинной воды в Среднем Каспии $3,9-5,2^{\circ}$, в Южном $5,7-6,3^{\circ}$, т. е. равна приблизительно температуре гомотермного слоя, лежащего выше в период наибольшего развития вертикальной конвекции. В последнее время отмечается улучшение вентиляции глубинных вод, сопровождаемое понижением их температуры. Этот процесс связан с уменьшением пресного стока в Каспийском море. Соленость вод Северного Каспия постепенно увеличивается, а следовательно, увеличивается и их плотность. Зимой на мелководьях плотность воды позволяет ей опускаться до дна впадин. Температура этих вод несколько ниже температуры вод, заполняющих впадины, а насыщенность кислородом больше. Таким образом, глубинные водные массы — средне-каспийская и южнокаспийская — обновляются снизу, а верхние их слои вытесняются в толщу, охваченную зимней конвекцией и подверженную сезонным изменениям, и трансформируются в каспийскую поверхностную водную массу. По наблюдениям за последние 25 лет, температура глубинных вод понизилась в среднем на $0,1^{\circ}$. Это понижение более заметно у дна, нежели на границе с поверхностной водой, и в Дербентской впадине оно больше, чем в Южнокаспийской (Косарев, 1963).