

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ОЧЕРК

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Уникальный природный водоем нашей планеты — Каспийское море расположено на крайнем юго-востоке Европейской территории Советского Союза. Море лежит на границе двух крупных частей единого материка Евразии, и воды его омывают берега СССР и Исламской Республики Иран. Географические координаты крайних точек современной акватории Каспийского моря (без Кара-Богаз-Гола): на севере —  $47^{\circ}07'$  с.ш., на юге —  $36^{\circ}33'$  с.ш.; на западе —  $46^{\circ}43'$  в.д. и на востоке —  $54^{\circ}03'$  в.д.<sup>1</sup> (рис. 1).

Каспий занимает крупную и глубокую материковую депрессию в пределах самой обширной в Европе и СССР области внутреннего стока, не имеет связи с Мировым океаном, и уровень моря лежит на 28 м ниже уровня океана.

По размерам своей котловины Каспийское море — крупнейший на Земле замкнутый водоем. Его общая площадь равна  $378\,400\text{ км}^2$ , что составляет 18% общей площади озер земного шара и в 4,5 раза превышает площадь второго по величине озера мира — Верхнего (84 100 км<sup>2</sup>, Северная Америка) [Николаева, 1971; Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли, 1974]. Вместе с тем площадь Каспийского моря соизмерима и даже значительно превосходит площадь некоторых морей Мирового океана: Балтийского (387 000 км<sup>2</sup>), Адриатического (139 000 км<sup>2</sup>), Белого (87 000 км<sup>2</sup>) [Атлас океанов, 1977, 1980].

Каспийскому морю в целом присуще субмеридиональное простираение (см. рис. 1). Наибольшая протяженность его с севера на юг составляет 1030 км (по меридиану  $50^{\circ}00'$  в.д.). Наибольшая ширина достигает 435 км (по параллели  $45^{\circ}30'$  с.ш.), наименьшая — 196 км (по параллели  $40^{\circ}30'$  с.ш.).

Каспийское море — глубоководный водоем с сильно развитой шельфовой зоной. По величине максимальной глубины впадины — 1025 м — Каспий уступает лишь двум самым глубоким озерам мира — Байкалу (1620 м) и Танганьике (1435 м) [Малый атлас мира, 1981]. Средняя глубина Каспийского моря, рассчитанная по батиметрической кривой, равна 208 м [Николаева, 1971].

<sup>1</sup> Здесь и далее морфометрические характеристики моря даются при отметке его уровня, равной -28,00 м. Отметки уровня моря даются в Балтийской системе высот (БС).

Весьма своеобразно распределение в Каспийском море площадей, занимаемых различными батиметрическими ступенями (табл. 1). Самую значительную часть площади занимают глубины до 100 м — 62,2%. Более 44% этой части площади приходится на зоны с глубинами 0–10 м, которые в основном приурочены к Северному Каспию (78% от площадей, занятых этими глубинами). В интервале глубин 100–900 м ступени глубин кратные 100 м (100–200, 200–300 м и т.д.) занимают почти равные площади — от 3,5 до 4,8%. Исключение составляют лишь зоны глубин 100–200 (6,6%) и 700–800 м (5,6%). В целом на все эти области приходится 36,8% всей акватории моря. Глубины более 900 м занимают всего 1,0% площади моря. Общий характер распределения глубин четко отображает батиграфическая кривая моря (рис. 2). Отмечается плавный излом кривой на глубине 100 м и различный наклон: очень пологий в верхней части и крутой — в нижней.

Сопоставление батиграфических кривых Каспийского моря, Мирового океана и отдельных океанов и морей показало наличие сходных черт в распределении глубин Каспия и крупных внутренних глубоководных морей типа Средиземного, а из океанов — Северного Ледовитого океана. В Каспийском море и в указанных бассейнах основная часть площади занята мелководьями (шельфом) с глубинами соответственно в среднем 100 и 200 м [Атлас океанов, 1974, 1977, 1980].

Каспийское море, представляющее собой замыкающий водоприемник крупных речных систем Европейской территории Советского Союза (ЕТС) и Кавказа (Волга, Урал, Терек, Кура и др.), по объему своих вод превосходит все озера мира. Объем вод моря равен  $78\ 100\ \text{км}^3$ , что составляет более 44% общих запасов озерных вод на земном шаре [Мировой водный баланс и водные ресурсы Земли, 1974]. По объему вод Каспийское море более чем в 3–4 раза превосходит такие моря, как Балтийское ( $21\ 500\ \text{км}^3$ ) и Желтое ( $16\ 000\ \text{км}^3$ ) [Атлас океанов, 1974, 1977].

Данные табл.1 и структура кривой распределения объема вод Каспия по глубине (см. рис. 2) показывают, что значительная часть вод — 62% — находится в пределах глубинных зон от 100 до 600 м. На долю же преобладающих глубин моря — 0–100 м — приходится 25,7% объема вод. В зонах глубин более 800 м объем вод составляет всего лишь 1,6%.

Исходя из особенностей морфологического строения и физико-географических условий, Каспийское море принято делить на три части: Северный, Средний и Южный Каспий. За условную границу между Северным и Средним Каспием обычно принимают линию, соединяющую о-в Чечень с м. Тюб-Караган, а между Средним и Южным Каспием линию о-в Жилой—м. Куули. В пределах Северного Каспия выделяют также западную и восточную части. В данной работе за границу их раздела принята линия, идущая от о-ва Новинский на условную точку с координатами  $45^{\circ}41'$  с.ш. и  $50^{\circ}07'$  в.д., далее на о-в Кулалы и затем от южной оконечности о-ва Кулалы к п-ову Долгий. Вся акватория Мангышлакского залива отнесена, таким образом, к западной части Северного Каспия, что соответствует единству их гидрологических и гидрохимических условий.

В качестве природных морфологических границ между отдельными частями Каспийского моря принимают следующие элементы рельефа дна. Северный и Средний Каспий разделяет Мангышлакский порог, про-

тягивающийся в виде мелководья (глубины до 10 м) от п-ова Тюб-Караган к банке Кулалинской и далее к о-ву Чечень. Средний и Южный Каспий разделяет Апшеронский порог. Это подводное асимметричное возвышение, идущее от п-ова Апшеронский к п-ову Челекен. Наибольшие глубины здесь достигают 140–150 м. Между западной и восточной частями Северного Каспия границей служит мелководье, прослеживаемое в направлении о-в Новинский — архипелаг Тюленьих островов. Наибольшие глубины в пределах этого мелководья не превышают 3,6–3,8 м.

При общей площади Северного Каспия, равной 91 942 км<sup>2</sup>, площадь его водной поверхности составляет 90 129 км<sup>2</sup>. На долю Северного Каспия приходится более 24,3% площади всего моря. Средний и Южный Каспий по площади почти равновелики. Общая площадь Среднего Каспия равна 137 812 км<sup>2</sup>, Южного — 148 640 км<sup>2</sup> или соответственно 36,4 и 39,3% площади всего моря.

Объем вод северной, средней и южной частей Каспийского моря составляет соответственно 0,5, 33,9 и 65,6% общего объема моря (см. табл. 1).

Соотношения площадей Северного, Среднего и Южного Каспия и объемов их вод равны соответственно 1 : 1,5 : 1,6 и 1 : 67 : 129, что отражает мелководность Северного Каспия и глубоководность Среднего и Южного. Наибольшие глубины северной, средней и южной частей моря равны соответственно 25, 788 и 1025 м, средние глубины — 4,4, 192 и 345 м. Большая часть площади (68%) Северного Каспия занята глубинами менее 5 м. При этом самые значительные по площади — зоны с глубинами от 0 до 1 м (20,2%) и от 3 до 4 м (14,1%). На долю зоны с глубинами более 10 м приходится 9,8%. В западной части Северного Каспия области глубин 0–5 м занимают меньшую площадь, чем в восточной (28 471 и 32 830 км<sup>2</sup>). Восточная часть более мелководная, чем западная, средняя глубина ее равна 3,3 м, максимальная 9,0. Для западной части эти характеристики равны соответственно 5,6 и 25,0 м.

Западная и восточная части Северного Каспия по площади почти равны, однако основной объем вод сосредоточен в более глубоководной западной части (63%), главным образом в пределах зоны с глубинами 0–5 м (59%) и 5–10 м (25,4%). В восточной части наибольшие объемы вод приходятся на области с глубинами 0–5 м (более 88% объема вод этой части моря).

На Каспийском море островов мало, площадь их составляет 2049 км<sup>2</sup>. При этом площадь островов Северного Каспия равна 1813, Среднего — 71, Южного — 165 км<sup>2</sup>. Острова в основном небольшие и располагаются вблизи берегов. В северной части моря выделяется архипелаг Тюленьих островов, среди которых наиболее крупные — о-в Кулалы (73 км<sup>2</sup>) и Морской (65 км<sup>2</sup>). В западной части Северного Каспия расположены самый большой остров на Каспии Чечень (122 км<sup>2</sup>), о-в Тюлений (68 км<sup>2</sup>) и множество

Рис. 1. Каспийское море

1 — изобаты, м; 2 — условные границы между северной, средней и южной частями моря, западной и восточной частями Северного Каспия; 3 — гидрологические разрезы (точки — места станций): I, II, III, IIIa — в Северном Каспии; IV — Чечень—Маггышлак, V — Махачкала—Сагындык, VI — Дербент—Песчаный, VII — Дивичи—Кендерли, VIII — Килязинская коса—Бекдаш, IX — Жилой—Куули, X — Камень Игнатия—Челекен, XI — Куринский камень—Огурчинский, XII — Ленкорань—Белый Бугор, XIII — по меридиану 51° в.д., XIV — через Средний Каспий



Таблица 1  
Площадь и объем вод Каспийского моря

| Глубина,<br>м | Площадь, км <sup>2</sup> |                    |                    | Средний<br>Каспий | Южный<br>Каспий | Все море |
|---------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
|               | Северный Каспий          |                    |                    |                   |                 |          |
|               | западная<br>часть        | восточная<br>часть | вся аква-<br>тория |                   |                 |          |
| 0             | 45588                    | 44541              | 90129              | 137741            | 148475          | 376345   |
| 1             | 35666                    | 36273              | 71939              | 137349            | 146890          | 356178   |
| 2             | 31952                    | 29867              | 61819              | 136957            | 145304          | 344080   |
| 3             | 28016                    | 22100              | 50116              | 136566            | 143729          | 330411   |
| 4             | 21513                    | 15852              | 37365              | 136174            | 142133          | 315672   |
| 5             | 17117                    | 11711              | 28828              | 135782            | 140548          | 305158   |
| 6             | 14691                    | 7284               | 21975              | 135231            | 138541          | 295747   |
| 7             | 13127                    | 3957               | 17084              | 134680            | 136534          | 288298   |
| 8             | 11882                    | 1012               | 12894              | 134130            | 134528          | 281552   |
| 9             | 10701                    | 0                  | 10701              | 133579            | 132521          | 276801   |
| 10            | 8828                     | -                  | 8828               | 133028            | 130514          | 272370   |
| 15            | 3560                     | -                  | 3560               | 127966            | 120360          | 251886   |
| 20            | 610                      | -                  | 610                | 123370            | 113018          | 236998   |
| 50            | -                        | -                  | -                  | 88801             | 93835           | 182636   |
| 100           | -                        | -                  | -                  | 62817             | 79802           | 142619   |
| 200           | -                        | -                  | -                  | 45011             | 72602           | 117613   |
| 300           | -                        | -                  | -                  | 33771             | 68999           | 102770   |
| 400           | -                        | -                  | -                  | 25229             | 64344           | 89573    |
| 500           | -                        | -                  | -                  | 18099             | 57083           | 75182    |
| 600           | -                        | -                  | -                  | 12578             | 48260           | 60838    |
| 700           | -                        | -                  | -                  | 6233              | 36644           | 42877    |
| 800           | -                        | -                  | -                  | -                 | 21674           | 21674    |
| 900           | -                        | -                  | -                  | -                 | 3589            | 3589     |
| 1000          | -                        | -                  | -                  | -                 | 56              | 56       |
| 1025          | -                        | -                  | -                  | -                 | 0               | 0        |

| Глубина,<br>м | Объем, км <sup>3</sup> |                    |                    | Средний<br>Каспий | Южный<br>Каспий | Все море |
|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
|               | Северный Каспий        |                    |                    |                   |                 |          |
|               | западная<br>часть      | восточная<br>часть | вся аква-<br>тория |                   |                 |          |
| 0             | 249                    | 148                | 397                | 26439             | 51245           | 78081    |
| 1             | 210                    | 108                | 318                | 26301             | 51078           | 77697    |
| 2             | 176                    | 75                 | 251                | 26165             | 50912           | 77328    |
| 3             | 146                    | 50                 | 196                | 26027             | 50748           | 76971    |
| 4             | 121                    | 31                 | 152                | 25891             | 50584           | 76627    |
| 5             | 102                    | 18                 | 120                | 25755             | 50421           | 76296    |
| 6             | 86                     | 8                  | 94                 | 25619             | 50267           | 75980    |
| 7             | 73                     | 3                  | 76                 | 25484             | 50114           | 75674    |
| 8             | 60                     | 0                  | 60                 | 25350             | 49963           | 75373    |
| 9             | 49                     | 0                  | 49                 | 25216             | 49812           | 75077    |
| 10            | 39                     | -                  | 39                 | 25083             | 49662           | 74784    |
| 15            | 10                     | -                  | 10                 | 24427             | 49267           | 73704    |
| 20            | 2                      | -                  | 2                  | 23796             | 48449           | 72247    |
| 10            |                        |                    |                    | 25250             | 49200           |          |

Таблица 1 (окончание)

| Глубина,<br>м | Объем, км <sup>3</sup> |                    |                    | Средний<br>Каспий | Южный<br>Каспий | Все море |
|---------------|------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-----------------|----------|
|               | Северный Каспий        |                    |                    |                   |                 |          |
|               | западная<br>часть      | восточная<br>часть | вся аква-<br>тория |                   |                 |          |
| 50            | —                      | —                  | —                  | 20616             | 45369           | 65985    |
| 100           | —                      | —                  | —                  | 16936             | 41068           | 58004    |
| 200           | —                      | —                  | —                  | 11626             | 33493           | 45119    |
| 300           | —                      | —                  | —                  | 7720              | 26410           | 34130    |
| 400           | —                      | —                  | —                  | 4802              | 19735           | 24537    |
| 500           | —                      | —                  | —                  | 2672              | 13662           | 16334    |
| 600           | —                      | —                  | —                  | 1149              | 8447            | 9596     |
| 700           | —                      | —                  | —                  | 170               | 4162            | 4332     |
| 800           | —                      | —                  | —                  | —                 | 1255            | 1255     |
| 900           | —                      | —                  | —                  | —                 | 130             | 130      |
| 1000          | —                      | —                  | —                  | —                 | 1               | 1        |
| 1025          | —                      | —                  | —                  | —                 | 0               | 0        |

Примечание: Морфометрические характеристики рассчитаны относительно отметки уровня моря — 28,00 м БС. Площадь моря и его частей дана без площади островов и Кара-Богаз-Гола.

низких островов и островков на устьевом взморье Волги. В Среднем Каспии к востоку от п-ова Апшеронский протянулась цепь островов Апшеронского архипелага. Наибольший в этой группе о-в Жилой (28 км<sup>2</sup>). В южной части моря к югу от Бакинской бухты у западного побережья расположена группа небольших островов Бакинского архипелага (Булла, Лось, Свиной, Вульф и др.). У восточного побережья Южного Каспия лежит узкий, вытянутый по меридиану о-в Огурчинский.

В Каспийское море впадает более 130 рек. Водосборный бассейн моря, площадь которого равна 3,5 млн. км<sup>2</sup>, расположен в пределах СССР (90%), Исламской Республики Иран и Турции. Соотношение площадей моря и водосборного бассейна (1 : 10) объясняет существенное влияние происходящих на водосборе процессов на весь природный облик моря. Наибольшее значение в питании Каспия имеет бассейн Волги, площадь которого равна 1,38 млн. км<sup>2</sup>, что составляет почти 40% площади водосборного бассейна моря.

Для Каспийского моря, как и для любого замкнутого водоема, характерны значительные изменения природных условий, обусловленные комплексом климатических, гидрологических и геологических процессов, протекающих в пределах его водосборного бассейна. Среди компонентов природного комплекса моря весьма существенно изменяются морфометрия и топография водоема. Так, наблюдавшееся в 30-х годах текущего столетия уменьшение увлажненности в бассейне Каспия обусловило значительное сокращение объема вод и резкое (1,8 м) понижение уровня моря. Это привело к сокращению площади водной поверхности, изменению конфигурации береговой линии, уменьшению глубин (табл. 2). Особенно значительны изменения в гидрографическом облике Северного Каспия.

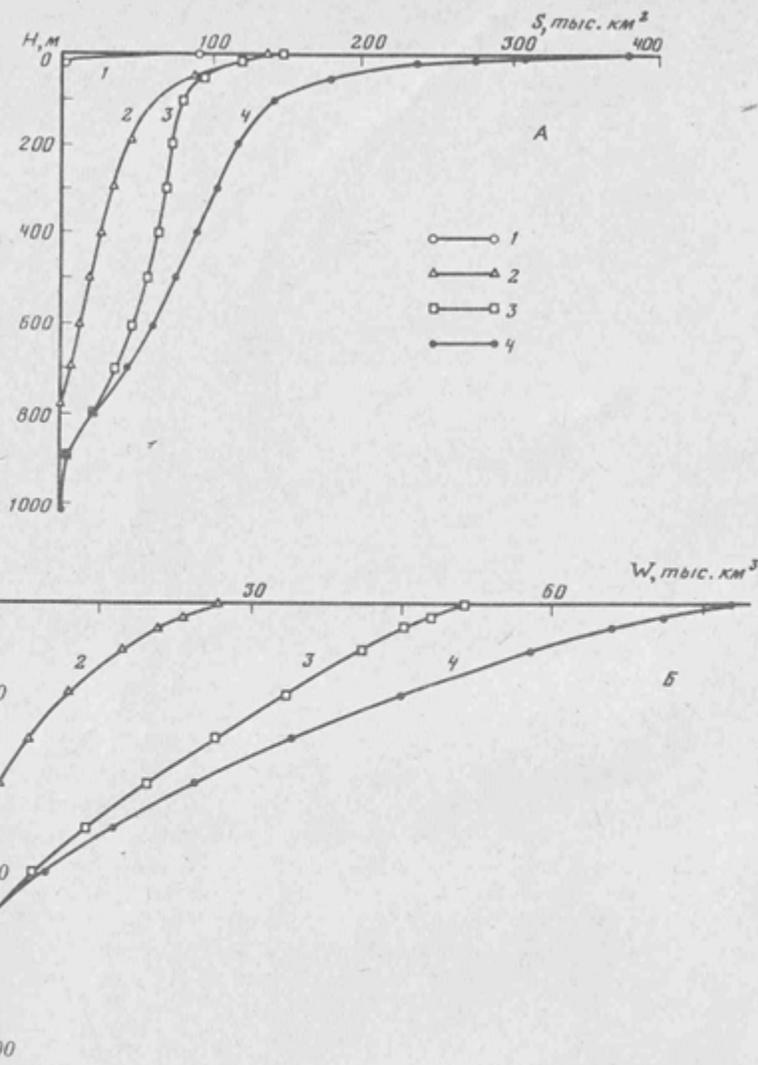


Рис. 2. Кривые площади (А) и объема (Б) Каспийского моря. 1 – Северный Каспий, 2 – Средний Каспий, 3 – Южный Каспий, 4 – Каспийское море

Полностью высохли заливы Синее Морцо, Кайдак и Мертвый Култук. Значительно увеличилась площадь островов за счет осушения окружающих их мелководий (Чечень, Тюлений). Многие бывшие банки превратились в острова (Укатный). Многочисленные небольшие острова, мелкие извилистые заливы и бухты у северо-западного и восточного берегов Северного Каспия ныне представляют собой плоскую равнину, занятую солончаками и песчаными грядами. В Среднем Каспии, отличающемся приглубым рельефом дна, понижение уровня не вызвало таких больших изменений, как

Таблица 2  
Площадь и объем вод Каспийского моря при разных отметках уровня

| Уровень моря, м БС | Площадь, тыс. км <sup>2</sup> |                |              |          | Объем вод, км <sup>3</sup> |                |              |          |
|--------------------|-------------------------------|----------------|--------------|----------|----------------------------|----------------|--------------|----------|
|                    | Северный Каспий               | Средний Каспий | Южный Каспий | Все море | Северный Каспий            | Средний Каспий | Южный Каспий | Все море |
| - 24,0*            | 141,0                         | 139,1          | 153,8        | 433,9    | 856                        | 27170          | 51857        | 79883    |
| - 24,5*            | 134,5                         | 139,0          | 153,2        | 426,7    | 787                        | 27100          | 51780        | 79667    |
| - 25,0*            | 128,0                         | 138,9          | 152,6        | 419,5    | 722                        | 27031          | 51704        | 79457    |
| - 25,5*            | 121,6                         | 138,8          | 152,0        | 412,4    | 660                        | 26962          | 51628        | 79250    |
| - 26,0**           | 115,2                         | 138,6          | 151,3        | 405,1    | 601                        | 26892          | 51552        | 79045    |
| - 26,5**           | 109,6                         | 138,4          | 150,6        | 398,6    | 545                        | 26823          | 51477        | 78845    |
| - 27,0**           | 104,6                         | 138,2          | 149,8        | 392,6    | 492                        | 26754          | 51402        | 78648    |
| - 27,5**           | 99,4                          | 137,9          | 149,1        | 386,4    | 442                        | 26685          | 51327        | 78454    |
| - 28,0**           | 90,1                          | 137,7          | 148,5        | 376,3    | 397                        | 26439          | 51245        | 78081    |

\* Величины площадей и объемов вод определены интерполяцией.

\*\* Величины площадей определены планиметрированием морских навигационных карт.

это имело место в северной части моря. Существенные изменения произошли в Южном Каспии и особенно в его юго-восточных мелководных зонах. Море здесь отошло более чем на 10–15 км, о-в Челекен присоединился к матерiku, образовав далеко выступающий в море полуостров того же названия. Полностью высох залив Гасан-Кули, почти наполовину уменьшилась площадь Красноводского залива.

Общее сокращение площади водной поверхности Каспия в эти годы составило около 28 000 км<sup>2</sup> и произошло оно в основном за счет обсыхания мелководной северной части моря. Объем вод моря уменьшился на 960 км<sup>3</sup>.

#### ОСНОВНЫЕ ЧЕРТЫ РЕЛЬЕФА БЕРЕГОВ И ДНА

Впадина Каспийского моря в тектоническом отношении представляет собой гетерогенное образование, тесно связанное со структурными элементами окружающей его суши. Так, северо-восточная часть Северного Каспия и его побережье расположены в пределах крупного прогиба древней Русской платформы — Прикаспийской синеклизы. Южная часть Северного Каспия и восточная часть Среднего Каспия лежат в пределах более молодой и подвижной эпигерцинской Скифско-Туранской платформы. Западная часть Среднего Каспия и весь Южный находятся в альпийской складчатой области [Соловьев и др., 1962; Геология СССР..., 1972].

Гетерогенность тектонического строения Каспийской впадины проявляется в особенностях рельефа берегов и дна моря. Наиболее крупные орографические элементы прикаспийской суши следующие: на севере — окраина обширной Русской равнины — Прикаспийская низменность, на юге — мощная горная система Эльбурс. На западном побережье к морю близко подходят горы Большого Кавказа с узкой прибрежной равниной,

постепенно расширяющейся к югу, а на крайнем юго-западе – Куринская и Ленкоранская низменности и предгорья Талышских гор. Восточный берег обрамлен крутыми невысокими уступами (чинками) пустынных и равнинных плато – Мангышлакского, Кендерли-Каясанского, Устюрта, Краснодарского, а на крайнем его юге – золотой равниной с песчаными дюнами и невысокими буграми.

Обрамляющая Северный Каспий Прикаспийская низменность – это новокаспийская равнина со следами морских аккумулятивных террас различных уровней стояния моря. Реки и временные водотоки, впадающие в Каспийское море, предопределили развитие здесь дельтовых форм рельефа, наиболее значительные из которых – дельты Волги и Урала.

К востоку от дельты р. Урал до п-ова Бузачи к побережью примыкает новокаспийская морская равнина с террасами и пологими ступенями. В прибрежных районах п-ова Бузачи располагаются береговые и островные бары новокаспийского возраста, окаймленные местами полосой прибрежных солончаков и сорами.

Побережье северо-западной части Северного Каспия (от дельты Волги до Махачкалы) – это морская равнина, однообразие которой нарушается лишь песчаными аккумулятивными формами (береговыми валами, косами) и дельтовыми образованиями устьевых областей обсохшей ныне р. Кумы и Терека.

Северное побережье Каспийского моря отличается малыми уклонами подводного берегового склона и прибрежной суши. Характерной особенностью берегов Северного Каспия является также наличие зоны осушки, формирующейся под действием нагонных явлений и волновых движений, и большая динамичность береговой линии в результате колебаний уровня моря.

Дагестанское побережье Каспийского моря – это узкая абразионно-аккумулятивная равнина, образованная расположенной у уреза серией террас новокаспийского возраста. В некоторых местах выходы коренных пород – известняков сарматского возраста – образуют известковый бенч и несколько подводных гряд с крутым падением слагающих их пород. К югу от дельты р. Самур берег моря становится обрывистым, в уступе обнажаются песчано-галечные аллювиальные отложения, слагающие прибрежную часть низменности. Южнее появляется песчано-галечная терраса с четко выраженной древней береговой линией на высоте 6–7 м над уровнем моря.

Побережье Кизлязинского района отличается своеобразием строения и рельефа. Здесь к морю выходят антиклинальные зоны Большого Кавказа, прибрежная низменность суживается до 1–2 км и в рельефе преобладает влияние коренных структур – в ряде мест дочетвертичные породы выходят на поверхность. Основная часть прибрежной равнины образована поверхностью хвалыинских террас, но у самого берега располагается новокаспийская терраса. К югу от м. Амия терраса, кроме современной береговой полосы, – абразионная, выработана в глинах палеогена и майкопа. Со стороны берега она ограждена песчаным береговым валом. У пос. Зорат эта терраса становится аккумулятивной, а южнее пос. Яшма вновь абразионно-аккумулятивной. В нескольких местах обнажаются уступы коренных пород.

Береговая линия западного побережья моря в целом выровненная.

Исключение составляет район Апшеронского полуострова: здесь чередуются серии антиклинальных поднятий с разделяющими их синклинальными понижениями, что создает расчлененный характер береговой линии. На северном и восточном берегах Апшеронского полуострова распространены новокаспийские аккумулятивные террасы.

Южнее м. Пирсагат прибрежная равнина понижается и переходит в широкую новокаспийскую террасу, однообразие которой нарушается грязевулканическими сопками, береговыми валами и отдельными дюнами. Серия антиклинальных поднятий продолжается с суши в море, образуя мысы у берегов и острова на шельфе.

Крупный морфологический элемент береговой полосы юго-западной области Южного Каспия — дельта р. Куры, которая резко выступает в сторону моря.

Побережье, расположенное южнее Ленкоранской низменности, представляет собой морскую равнину, смыкающуюся с современным пляжем. С запада равнина ограничена полосой песчано-ракушечных береговых валов.

В пределах Иранского побережья горные хребты системы Эльбурса близко подходят к берегу моря, оставляя лишь узкую (2–40 км) полосу аккумулятивной равнины, очень слабо наклоненной к северу. Низменность сильно расчленена долинами многочисленных рек и временных водотоков, стекающих со склонов Эльбурса.

Восточный берег Среднего Каспия от п-ова Тюб-Караган до Кара-Богаз-Гола имеет абразионный характер. Крупной аккумулятивной формой этого побережья является м. Песчаный, образованный несколькими древними пересыпями, отделяющими от моря узкие, теперь сухие, лагуны. Террасы различного возраста придают берегу ступенчатый характер. К югу располагается залив Кендерли, отделенный от моря косой того же названия. Северный и восточный берега бухты образованы аккумулятивными террасами верхнехвалынского возраста.

Южнее Кендерлинской косы берег снова становится обрывистым, преимущественно абразионным. Здесь хорошо выражены уступы хвалынских террас, а в пологих вогнутых участках есть следы абразионно-аккумулятивной новокаспийской террасы. Южнее, в районе м. Бекдаш, в рельефе берега отмечается чередование долинообразных понижений и плосковершинных холмов, сложенных коренными породами.

Вдоль берега Краснодарского полуострова протягивается новокаспийская аккумулятивная терраса, поверхность которой осложнена цепью береговых валообразных дюн. На юге полуострова располагается Краснодарская коса, отделяющая от моря залив того же названия. Южный берег залива образует п-ов Челекен.

Южнее, в пределах Западно-Туркменской низменности прибрежная зона образована новокаспийскими отложениями. Вдоль берега тянется высокий лесчано-ракушечный вал, окаймленный со стороны моря полосой осушки. За валом располагаются солончаки — бывшие лагуны, отчлененные от моря в новокаспийское время. Рельеф прибрежной части низменности осложняется характерными конусами грязевых вулканов.

К западу от побережья Туркмении, в 70–75 км от берега расположен о-в Огурчинский, представляющий собой островной бар, сложенный новокаспийскими отложениями.

По характеру рельефа дна северная часть Каспийского моря — пологая мелководная равнина с многочисленными островами, террасами, древними руслами рек. Постоянная смена трансгрессий и регрессий отразилась на характере современного рельефа дна этой части моря. В пределах мелководной равнины Северного Каспия прослеживаются разветвленные долины палеорек Волги, Урала, Терека и ныне не доходящих до моря Кумы и Эмбы. Палеоруслу разделены повышенными участками, древними водоразделами, часто представленными современными островами, барами, банками. Восточная часть Северного Каспия занята Уральской бороздиной — понижением в рельефе дна со ступенчатыми террасированными склонами, с глубинами больше 5 м. Севернее п-ова Тюб-Караган находится еще одна бороздина — Мангышлакская (глубины до 12 м), которая также является древней речной долиной.

В рельефе дна Среднего Каспия четко выделяются основные морфологические элементы: шельф, склон, ложе впадины (см. рис. 1). Восточная часть Среднего Каспия в основном расположена в пределах эпигерцинской платформы, а западная часть и район, прилежащий к Апшеронскому порогу, — в альпийской геосинклинальной области. Впадина Среднего Каспия имеет асимметричный характер: для западной ее части характерен узкий шельф и крутой склон, для восточной — широкий шельф и пологий склон. Различны также характер и глубины расположения бровки (перегиба) шельфа. Среднекаспийский шельф представляет собой поверхность абразионно-аккумулятивного выравнивания. На западе, куда обильно поступает обломочный материал, поставляемый реками, в формировании шельфа основная роль принадлежит процессам аккумуляции, на востоке — абразии [Лебедев, 1961]. Ширина западного шельфа Среднего Каспия изменяется от 130 км в северной части, прилежащей к Мангышлакскому порогу, до 15 км в районе устья р. Самур. Южнее шельф вновь расширяется, достигая на широте Сиязани 60 км. Углы наклона шельфа на севере от 1' до 7', на широте Худата 25–40' (при максимуме 1°), а в районе Сиязани — 3–5'. Глубина расположения его бровки изменяется от 70 до 110 м [Лебедев, Едигарян, Кулакова и др., 1976; Кулакова, Лебедев, 1981]. Восточный шельф Среднего Каспия состоит из двух участков, сдвинутых друг относительно друга по уступу южнее м. Песчаного. Ширина шельфа изменяется от 55 до 90 км. Углы наклона шельфа небольшие — 3–7'. Глубина положения бровки от 50 до 130 м. Поверхность шельфа на разной глубине осложнена террасовидными площадками, останцами и грядами коренных пород.

Верхняя часть материкового склона отделена от шельфа перегибом (бровкой), а нижняя часть постепенно переходит в ложе абиссальной равнины. Западный склон средней части моря имеет ширину 20–60 км, при углах наклона 1–6°. Поверхность склона осложнена холмистыми поднятиями, образованными оползнями. Восточный склон представляет собой выровненную полого наклонную равнину, шириной от 37 до 145 км, с углами наклона около 30'. Характерной формой рельефа материкового склона Среднего Каспия служат участки древнего шельфа, четко выраженные на северном, восточном и южном склонах. Ширина этой поверхности 35–40 км, глубина расположения бровки 180–200 м. Северный участок восточного склона имеет следы вреза древних русел и временных потоков. В настоящее время по этим врезам стекают суспензионные потоки.

Подводный склон с глубин 600–700 м переходит в абиссальную равнину Среднего Каспия, называемую Дербентской котловиной. Она вытянута вдоль западного берега с северо-запада на юго-восток на 155 км, при ширине от 40 до 80 км. В котловине находится и максимальная глубина средней части моря – 788 м. Дно котловины – относительно плоская выровненная поверхность с небольшим уклоном с северо-запада на юго-восток.

Южная часть Каспийского моря полностью находится в пределах альпийской геосинклинальной области, что обусловило значительную сложность и расчлененность ее рельефа.

Западный шельф Южного Каспия имеет ширину от 15 до 60 км, средняя ширина его 43 км, углы наклона поверхности – от  $6'$  до  $11'$ . Глубина бровки шельфа колеблется от 60 м при пересечении им антиклинальных зон до 150 м в синклинальных понижениях между ними. В северной части западного шельфа много островов и банок, в основном грязевулканического происхождения. Большую роль в формировании аккумулятивного рельефа шельфа имеют выносы р. Куры. Восточный шельф Южного Каспия, расположенный в пределах Туркменской структурной террасы, значительно шире западного. Максимальная ширина его – 190 км, уклоны очень незначительны. Бровка шельфа располагается на глубинах 110–130 м. Поверхность шельфа осложняют уступы и террасовидные площадки. Шельф иранской акватории Южного Каспия узкий (6–10 км) и крутой.

Материковый склон южной части моря отличается большой сложностью. На северо-западном его участке верхняя часть склона более крутая (до  $6^\circ$ ), а нижняя – пологая. Склон осложняют холмистые возвышенности, образованные оползнями. В пределах западного склона Южного Каспия прослеживается серия поднятий высотой до 500 м. Подножие их лежит на глубинах 700–800 м. Вершины многих поднятий увенчаны грязевыми вулканами. С севера на юг высота поднятий уменьшается, склоны выполаживаются и простираются с северо-восточного переходит в меридиональное. Восточный склон южнокаспийской впадины также относительно крутой и имеет ступенчатый характер: верхняя его часть до глубин 500–550 м более крутая ( $1^\circ 06' - 1^\circ 20'$ ), чем нижняя ( $0^\circ 30' - 0^\circ 40'$ ), подножие склона располагается на глубине 750–800 м. Поверхность восточного склона осложнена уступами. На широте п-ова Челекен от склона отклоняется поднятие, протягивающееся к юго-западу и названное "хребет Абиха". Южный склон впадины отличается большой крутизной и значительной расчлененностью.

Глубоководная котловина южной части моря построена более сложно, чем среднекаспийская. Центральную ее часть занимает абиссальная равнина, на которой выделяются поднятия и разделяющие их понижения. Поднятия простираются с северо-востока на юго-запад (Абиха, ЛОЦ-58, Секстан) или меридионально (хребет Шатского). Максимальная их высота 400 м, склоны довольно крутые ( $4-5^\circ$ ), вершины часто увенчаны грязевыми вулканами. Депрессии, разделяющие поднятия, открываются в центральную впадину Южного Каспия. В самой южной части моря располагается Предэльбурский прогиб, выраженный в рельефе впадиной, прижатой к складчатым сооружениям Эльбурса. Дно ее представляет собой предельную равнину неволновой аккумуляции.

Распределение донных отложений в Каспийском море связано с рельефом дна, гидродинамическими условиями и гидрохимическим режимом.

Датум: 1988  
ЛАС  
6/1/88

В Северный и Средний Каспий выносятся более 90% жидкого и выше 75% твердого стока. Терригенная речная взвесь привносится с северного, западного и южного побережий моря, восточное побережье, как известно, совершенно лишено стока. Основное обогащение взвесью происходит в приустьевых участках, а дальнейшее ее перераспределение связано с характером течений.

В связи с тем что наиболее интенсивный перенос вод в Каспийском море наблюдается в шельфовой зоне, здесь происходит разнос основной массы поступающего взвешенного материала, а в центральных глубоководных впадинах создаются условия для его осаждения.

Терригенный материал поступает в море не только с речным стоком, но и в результате абразии, о чем свидетельствует обогащение взвесей у абразионных берегов, например у восточного шельфа Среднего Каспия, а также благодаря золотому приносу, роль которого изучена недостаточно [Алексина, 1959]. В Южном Каспии дополнительным источником терригенного материала служат выбросы подводных грязевых вулканов, в результате чего здесь происходит накопление сопочной брекчии.

В формировании отложений Каспийского моря основная роль принадлежит обломочному и карбонатному материалу как биогенного так и хемогенного генезиса [Лебедев, 1963]. Роль того или иного источника наглядно проявляется в отложениях трансгрессивных и регрессивных фаз бассейна Каспийского моря. Характерные особенности гидрохимического режима моря – перенасыщение каспийской воды карбонатами, высокий щелочной резерв и повышенные величины рН (8,3–8,6) – создают благоприятные условия для хемогенного выпадения карбонатов в осадок, особенно в мелководных, хорошо прогреваемых районах [Бруевич, 1937].

Донные отложения Каспийского моря представлены известковыми, слабоизвестковыми и терригенными осадками.

В Северном Каспии отдельные пятна известкового крупного алеврита с ракушей отмечаются у его северного берега, в центральной части, вблизи о-ва Кулалы и в Мангышлакском заливе, тогда как в его западной части встречено лишь несколько пятен слабоизвесткового крупного алеврита, со значительным количеством битой и целой ракуши. Уральская бороздина заполнена известковыми отложениями – крупным алевритом и мелкоалевритовым илом с обильным включением целой и битой ракуши. Между островами Тюлений и Чечень выделяется значительное пятно мягких грунтов – от слабоизвестковистых крупных алевритов до слабоизвестковистого глинистого ила, а между островами Кулалы и Морской получили широкое развитие оолитовые пески.

Оолитово-терригенно-ракушечные пески с ракушей покрывают обширную площадь Мангышлакского порога и у Мангышлакского полуострова. На значительной площади Северного Каспия, особенно в его западной части, распространены ракушечные пески, содержащие включения раковин моллюсков.

Дно центральной котловины Среднего Каспия покрыто слабоизвестковым глинистым илом, обрамленным слабоизвестковыми алевритово-глинистыми илами, переходящими на склоне и шельфе в слабоизвестковые мелкоалевритовые илы, имеющие наибольшее распространение на узком западном шельфе. Реки Терек, Сулак и Самур поставляют большое коли-

чество тонкого материала, часть которого отлагается на западном шельфе и склоне, а часть выносится течениями к восточному берегу и в Южный Каспий. Значительные скорости течений привели к образованию вблизи бровки западного шельфа зоны ограниченного осадконакопления, характеризующейся уменьшением мощности отложений вследствие их размыва и появлением в некоторых местах более древних отложений. В пределах восточной части Среднего Каспия, отличающейся широким развитием шельфовой зоны в условиях пустынного климата и отсутствия поверхностного притока, наблюдается интенсивное накопление карбонатных осадков как в биогенной, так и хемогенной формах. При этом биогенный карбонат является преобладающим генетическим типом в этих высококарбонатных отложениях.

Кроме того, на восточном шельфе Среднего Каспия, на глубинах 200–400 м имеет место обогащение осадков кремнеземом. Максимальное содержание его наблюдается в северной впадине Среднего Каспия (11,98%), что связано с подъемом глубинных вод, обогащенных кремнием. Содержание  $C_{орг.}$  в отложениях Среднего Каспия колеблется от 0,47% в песках до 6,52% в глубоководных слабоизвестковых глинистых илах.

В Южном Каспии в отличие от Среднего Каспия, значительно выше роль карбонатной составляющей осадков, особенно ее хемогенной части. Мощная толща известковых отложений характерна только для восточного склона и шельфа Южного Каспия. На западном шельфе от берега в море происходит смена песков слабоизвестковыми мелкоалевритовыми илами и ниже по склону – слабоизвестковыми алевритово-глинистыми илами. На отдельных поднятиях наблюдаются выходы коренных пород, что связано с оползневыми явлениями и грязевым вулканизмом. Известковые глинистые илы выстилают подножие и нижнюю часть восточного подводного склона Южного Каспия, тогда как на склоне и внешнем шельфе от широты п-ва Челекен до широты 37,5° с.ш. протягиваются известковые илы, карбонатность которых колеблется от 51 до 89%. Широко развиты известковые алевритово-глинистые и мелкоалевритовые илы, а также оолитовые и оолитово-ракушечные пески с примесью раковинного материала, покрывающие значительные площади восточного шельфа Южного Каспия. В Южном Каспии зона высоких концентраций  $C_{орг.}$  развита только в западной части глубоководной впадины и прилегающей части материкового склона, где в слабоизвестковых глинистых илах содержание  $C_{орг.}$  более 3%. Содержание валового железа колеблется от 1,62 до 4,38%, что ниже содержания такого в Среднем Каспии (от 1,34 до 5,59%).

Илистые отложения Среднего и Южного Каспия (особенно его западной части) значительно обогащены аутигенным пиритом и гидротроилитом. Образование пирита связано с разложением органического вещества диатомовых водорослей в условиях восстановительной среды и высокого содержания железа.

#### КЛИМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Большая протяженность Каспийского моря в меридиональном направлении, сложность орографии западного и южного его побережий предопределяют многообразие местных особенностей климата, а расположение моря на границе зон умеренных широт и субтропической приводит к тому, что

над акваторией Каспийского моря происходит взаимодействие различных систем атмосферной циркуляции. Поэтому достигающие моря воздушные потоки могут быть весьма различны по своему происхождению, физическим свойствам и направлению движения. Значительные изменения в нижние слои этих воздушных потоков вносит огромная водная поверхность моря.

Расположение Каспийского моря в относительно низких широтах обуславливает интенсивный приток солнечной радиации. Об этом свидетельствует положительная величина годового радиационного баланса, равная разности между поглощаемым поверхностью моря солнечным теплом и теплом, теряемым путем эффективного излучения. Для всей акватории моря положительная величина радиационного баланса составляет в среднем 60 ккал/см<sup>2</sup>. В пределах Северного Каспия она снижается до 50 ккал/см<sup>2</sup>, в Среднем и Южном Каспии достигает 65 ккал/см<sup>2</sup>. Избыток радиационного тепла предопределяет интенсивное испарение, на что расходуется 54 ккал/см<sup>2</sup> тепла, и интенсивный конвективный теплообмен с атмосферой [Комплексные гидрометеорологические атласы Каспийского и Аральского морей, 1963]. Для всей акватории моря радиационный баланс положителен с марта по октябрь и имеет максимальные величины в июне и июле (11–12 ккал/см<sup>2</sup> в месяц). Отрицателен баланс только в декабре: от 2 ккал/см<sup>2</sup> на севере моря до 1 ккал/см<sup>2</sup> на юге.

Атмосферные процессы над Каспийским морем и прилегающими к нему территориями складываются под влиянием общей циркуляции атмосферы на Европийско-Азиатском материке и местных факторов: рельефа прибрежных районов и влияния водной поверхности моря. Акватория Каспийского моря настолько велика, что над ней формируются самостоятельные морские воздушные массы.

В зимний сезон большая часть акватории находится под влиянием отрога Сибирского антициклона, который образуется в результате вторжения холодного арктического воздуха с Карского моря, континентального и морского воздуха умеренных широт с Баренцева и Норвежского морей на южные районы ЕТС и Каспийское море. Наличие местного максимума давления над Армянским и Иранским нагорьями в зимний сезон способствует некоторому повышению давления в это время года в самой южной части моря.

Между указанными областями высокого давления, вдоль оси срединной части моря, с северо-запада на юго-восток простирается барическая ложбина, удерживаемая с октября по март и представляющая собой область сходимости воздушных потоков. Встречные потоки воздуха, обладающие большой разностью температур, в зимнее время нередко способствуют образованию над морем фронта и развитию циклонической циркуляции.

Помимо этого, в районе Каспийского моря наблюдаются выходы южных циклонов, которые перемещаются сюда с Черного и Средиземного морей. В зависимости от траектории движения эти циклоны могут охватывать более северные или более южные районы моря. Наибольшая их повторяемость наблюдается в южной части моря. С выходами южных циклонов связана пасмурная неустойчивая погода, выносы теплого воздуха в северные районы моря, что вызывает повышение температуры и оттепели [Евсеева, 1968].

Весной влияние Сибирского антициклона ослаблено и средиземноморские циклоны получают возможность продвигаться к востоку и северо-востоку. В теплых секторах циклонов теплый тропический воздух выносятся в северные районы Каспийского моря, что обуславливает начало таяния снега. В тылу проходящих циклонов возникает адвекция холодного арктического воздуха, распространяющегося над поверхностью моря далеко на юг. Этими процессами определяются характерные для весны возвраты холодов.

Для весеннего сезона, особенно для его первой половины, вообще свойственна большая изменчивость синоптических процессов и частая смена воздушных масс. Во второй половине сезона преобладающими становятся уже процессы трансформации воздуха под влиянием солнечной радиации и наблюдается переход к летним типам циркуляции.

Летом в связи со сглаживанием температурных контрастов происходит ослабление циркуляционных процессов как в приземном слое, так и в свободной атмосфере. В этот сезон года на синоптические процессы региона Каспийского моря оказывает воздействие отрог Азорского максимума. Наибольшее его влияние проявляется в западной и северо-западной частях моря, в основном в июле. В юго-восточной части Каспийского моря образуется обширная барическая ложбина (сохраняется до конца сентября), которая представляет собой западное ответвление обширного южноазиатского Ирано-Афганского минимума.

В связи с увеличением солнечной радиации в атмосферных процессах летнего сезона большое значение приобретает трансформация поступающих воздушных масс умеренных широт в тропический воздух на северном и восточном побережье Каспийского моря, а также в западной части Кура-Араксинской низменности. Это резко увеличивает засушливость указанных районов во второй половине летнего сезона. Выходы южных циклонов в летнее время составляют всего 7% от общего их количества в году [Захашвили, 1957].

В первой половине осени еще сохраняются черты летней циркуляции: малые градиенты давления, большая инерция атмосферных процессов, трансформация воздушных масс в малоподвижных антициклонах. По мере роста давления над охлаждающимися материками и понижения давления над океанами влияние Азорского максимума ослабевает и возрастает роль континентальных восточных вторжений. В свободной атмосфере усиливается интенсивность западного переноса.

В формировании климата Каспийского моря и особенно его прибрежных районов важнейшая роль принадлежит рельефу, под влиянием которого видоизменяется циркуляция воздушных масс. Именно сложностью орографии берегов моря объясняется исключительное разнообразие климатических условий в отдельных его районах. Наличие горных массивов на южном и юго-западном побережье моря, а также система хребтов Большого Кавказа способствуют обострению фронтальных разделов, вызывают регенерацию приходящих со Средиземного и Черного морей циклонов.

Влияние рельефа сказывается в изменении направления и скорости воздушных потоков, а следовательно, и в изменении направления переноса влаги. Кроме того, в связи с неравномерностью нагрева различных участков долин и склонов возникает местная циркуляция. На западном и юго-запад-

ном побережьях Каспийского моря наблюдаются почти все виды местной циркуляции: фёны, горно-долинная циркуляция, склоновые ветры, а также штормовые ветры, обусловленные орографическими особенностями отдельных участков побережья (бакинский норд, махачкалинский зюйд-ост).

Особенно заметно сказывается влияние горных массивов на распределении осадков. В этом отношении выделяется район юго-западного побережья моря. Взаимодействие рельефа и водной поверхности моря делает этот район аномальным по условиям увлажнения и количеству выпадающих осадков: тогда как в целом поверхность моря является источником влаги в атмосфере, в юго-западном районе происходит "осушение" воздушных масс путем выпадения осадков. Только для крайней юго-западной части моря характерно значительное превышение осадков над испарением как в среднем за год, так и для большинства месяцев. В целом же для акватории моря наблюдается обратная картина в соотношении между осадками и испарением: количество осадков значительно меньше испарения [Евсеева, 1968, 1969]. Тальшские горы, система гор Эльбурса представляют серьезную преграду на пути влажных воздушных масс, идущих с Каспия, и служат как бы гигантским уловителем влаги, испаряемой поверхностью моря.

Каспийское море оказывает определенное влияние на атмосферные процессы и климат окружающей суши. Вопрос о количественной оценке роли водоема в формировании гидрометеорологического режима над самой водной поверхностью и прилегающими территориями — один из основных в характеристике климата моря. Такая оценка крайне необходима для установления и прогнозирования изменений гидрометеорологических условий Каспийского моря и прилегающей суши в связи со значительными колебаниями уровня моря. Вместе с тем решение этого вопроса весьма затруднительно, потому что влияние водной поверхности на климат проявляется в сочетании с другими факторами, выделить каждый из которых не всегда возможно.

Большую часть года Каспийское море служит источником тепла и влаги для воздушных масс, проходящих над его поверхностью [Комплексные гидрометеорологические атласы..., 1963; Евсеева, 1969; Архипова, 1957; Шереметевская, 1968].

О характере влияния водной поверхности на температуру воздуха можно судить по разности температуры воды и воздуха [Комплексные гидрометеорологические атласы..., 1963]. Процесс прогревания воздушных масс над морем начинается уже в сентябре и заканчивается в марте, достигая наибольшего эффекта в декабре—январе. Так, у восточных берегов Среднего Каспия температура воды в январе на 3–4° выше температуры воздуха, в Южном Каспии разность температур составляет 1–2°. В течение всего времени с октября по март приземные слои воздуха снабжаются теплом и влагой, развиваются конвекция и конвективные облака. Под влиянием исходящего от моря тепла давление воздуха над ним понижается, усиливается приток холодного воздуха с севера и с востока, над морем нередко возникают атмосферные фронты. В такой ситуации над морем могут образоваться "каспийские" циклоны.

С апреля по август море оказывает на воздушные массы охлаждающее влияние. В июле в восточной части Среднего Каспия разность температуры

воды и воздуха достигает  $-5^{\circ}$ , что связано с поднятием к поверхности моря холодных глубинных вод. Охлаждение над морем нижних слоев воздушных потоков создает температурную инверсию и придает им большую устойчивость, препятствуя развитию конвекции и образованию конвективных облаков. Таким образом, в весеннее и летнее время над морем наблюдается безоблачная солнечная погода.

В годовом балансе Каспийское море оказывает некоторое отепляющее действие, проявляющееся в наибольшей степени в южной и северной частях моря и в районе Апшеронского полуострова. В средней части моря отепляющее воздействие зимой сменяется охлаждающим влиянием летом.

По исследованиям П.И. Колоскова [1947], воздействие моря на температуру воздуха в пределах восточного Прикаспия распространяется на 250–300 км, на северном побережье — до 500 км зимой и до 200 км летом. Э.М. Шихлинский [1963] отмечает, что влияние Каспийского моря на термический режим воздуха в восточной части Кура-Араксинской низменности простирается в зимние месяцы на 60–80 км от берега, а в летние месяцы — на 40–60 км.

Понижение уровня моря сказывается на изменении температурного режима над водной поверхностью и в неширокой прибрежной полосе. Так, при падении уровня моря в 30-х годах наблюдалось некоторое увеличение континентальности климата средней части моря. Это проявилось в повышении температуры воды и воздуха в период нагревания моря (март–август) и некотором понижении этих температур в период охлаждения (сентябрь–декабрь) [Самойленко, 1954].

В связи с проблемой естественных и антропогенных изменений природных условий Каспийского моря особый интерес представляет влияние моря на атмосферный влагооборот, а именно на увлажнение атмосферы над Каспием и прилегающей к нему территорией и на процессы образования облаков и выпадения осадков. Наиболее подробно эти вопросы рассмотрены Л.С. Евсеевой [1969], обсуждались они в работах О.А. Дроздова, А.С. Григорьевой [1963], Л.П. Кузнецовой [1983] и др.

Каспийское море служит источником влаги, повышающим влажность воздуха и общее влагосодержание не только над водоемом, но и на расстоянии сотен километров от него (рис. 3). При этом меняется и вертикальная структура поля влажности — увеличивается процентное содержание влаги в нижних слоях атмосферы, где оно на несколько процентов больше (от суммарного влагосодержания в тропосфере), чем над сушей.

Как отмечалось выше, атмосферная циркуляция в районе Каспийского моря имеет сложный характер. Поэтому и потоки атмосферной влаги над Каспийским побережьем в нижних слоях атмосферы неустойчивы как в пространстве, так и во времени. Эта неустойчивость переноса влаги и направлений ветра особенно проявляется в нижнем слое до высоты 3 км. Выше 3 км господствует устойчивый перенос с запада на восток при небольшой меридиональной составляющей, направленной преимущественно на север. Очень сложная картина переноса атмосферной влаги наблюдается вблизи земной поверхности, где преобладает влага, испарившаяся с акватории Каспия. Над Северным Каспием (Астрахань, Гурьев) во все сезоны, кроме лета, вынос влаги более всего происходит на северо-запад, а летом, как и на высоте 1,5 км, — на юго-восток, в засушливые районы Казахстана



Рис. 3. Влагосодержание атмосферы в среднем за год (мм слоя):

1 — по данным аэрологических наблюдений, 2 — расчетные данные

и Средней Азии. Над Средним Каспием (Махачкала) интенсивность переноса влаги на запад, восток, север и юг примерно одинакова, за исключением лета, когда явно больше перенос на юго-восток (как и над Северным Каспием). Над Южным Каспием (Баку, Красноводск, Гасан-Кули, Ленкорань) направление преобладающего переноса влаги, как правило, отличается от такового над остальной акваторией и очень неустойчиво даже в пределах этой части моря. Так, зимой на восточном побережье вынос влаги направлен в основном на запад (по южной периферии барической оси Воейкова), а в районе Ленкорани (циклоническая циркуляция над югом Каспия) — на юго-восток; весной в районе Красноводска и Ленкорани наблюдаются выносы влаги на запад и север; а в районе Гасан-Кули — на юго-восток. Такое же направление влагопереноса со-

храняется на восточном побережье и в июле и октябре, тогда как в районе Ленкорани оно меняется на противоположное.

Следовательно, в разные сезоны и в разных частях Каспия его увлажняющее влияние на прилегающую территорию существенно меняется в зависимости от направления преобладающего переноса влаги. Однако основная часть испарившейся с Каспийского моря влаги (60–70%) выносится на восток — в Казахстан и Среднюю Азию, где она составляет заметную долю (10%) в атмосферном влагопереносе. Остальная часть атмосферного выноса влаги с Каспийского моря распределяется примерно поровну по трем остальным направлениям.

При небольшой в среднем роли испарения с Каспия в образовании осадков степень его влияния в разных участках моря и побережья различна. Она зависит от синоптических условий и рельефа, определяющих направление выноса влаги и интенсивность вертикального влагообмена в атмосфере, и от температурных условий. В наибольшей степени влияние величины испарения с водной поверхности на осадки сказывается в юго-западной части моря и на Ленкоранском побережье, где при определенных синоптических процессах влажность воздуха увеличивается на 20–35%, что приводит к росту осадков на 30–70%. Расчеты показывают, что в среднем за год

примерно 35–40% осадков в Ленкорани образуется под влиянием испарения с акватории Каспийского моря.

Приведенные выше данные об атмосферном влагообмене Каспия с окружающей территорией позволяют выявить возможные последствия отчленения и осушения отдельных мелководных участков Каспийского моря, прежде всего залива Кара-Богаз-Гол. Полное осушение залива Кара-Богаз-Гол может иметь различные последствия для местного и регионального климата и влагооборота. Местное влияние осушения залива на климат прилегающей к нему территории должно быть существенным. Об этом свидетельствуют данные об изменении температуры и влажности воздуха при наблюдавшихся в последние десятилетия понижении уровня и сокращении акватории Каспийского и Аральского морей [Кувшинова, Утина, 1982; Кузнецова, Швер, 1965; Кузнецова, 1983; Челпанова, 1953 и др.]. Так, можно ожидать заметного усиления континентальности климата (увеличения колебаний температуры воздуха, понижения его влажности) в пределах береговой полосы Кара-Богаз-Гола шириной 10–30 км. Региональный климатический эффект осушения залива будет несущественным, в том числе и его влияние на влагооборот Средней Азии. Доля испарения с Кара-Богаз-Гола ( $8\text{--}10\text{ км}^3$ ) в общем потоке атмосферной влаги незначительна, и, как отмечалось выше, испаряющаяся с залива влага выносится в нижних слоях атмосферы в различных направлениях, в том числе на юго-запад, т.е. на акваторию Каспийского моря.

Большая протяженность моря в меридиональном направлении обуславливает различие в распределении температуры воздуха над его акваторией. Средняя годовая температура воздуха в северной части моря  $8\text{--}10^\circ$ , в средней —  $11\text{--}14^\circ$ , в южной —  $15\text{--}17^\circ$ . Для всего моря она равна в среднем  $13,1^\circ$ \* (рис. 4). Разность среднегодовых температур воздуха между северной и южной частями моря составляет  $7^\circ$ . Большие различия в распределении средней и экстремальной температур воздуха по отдельным районам моря отмечаются в зимние месяцы. В самых северных районах моря средняя январская температура —  $7\text{--}10^\circ$ , а минимальная достигает  $-19\text{--}-20^\circ$ . При вторжениях арктического воздуха температура нередко понижается до  $-30^\circ$ . В южной части моря средняя месячная температура воздуха в январе  $9^\circ$ , минимальная ее величина достигает  $-10^\circ$ . В целом зима в восточной части моря холоднее, чем в западной, что связано с большой повторяемостью восточных ветров в нижних слоях атмосферы, обуславливающих адвекцию холодного континентального воздуха на акваторию Каспия и трансформированного теплого воздуха — на западное его побережье.

Весной вынос теплого тропического воздуха в теплых секторах южных циклонов в северные районы Каспийского моря и увеличение солнечной радиации способствуют быстрому росту температуры. Переход средней температуры воздуха к положительным значениям в этих районах происходит во второй половине марта — начале апреля. Средняя температура в апреле в Северном Каспии  $8\text{--}9^\circ$ , в Среднем Каспии  $10\text{--}11^\circ$ , а в Южном —  $11\text{--}14^\circ$ .

\* Получена планиметрированием карт распределения температуры воздуха [Комплексные гидрометеорологические атласы. . . , 1963].

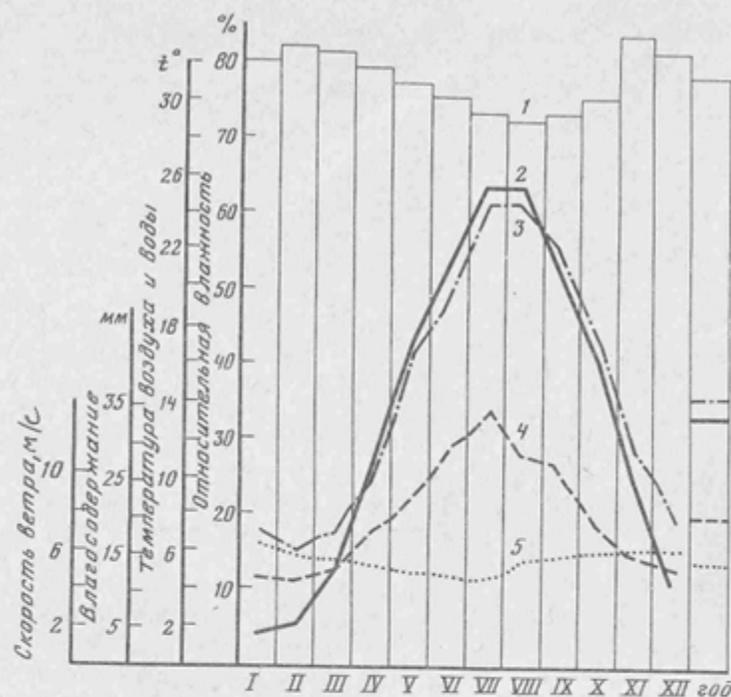


Рис. 4. Внутригодовое распределение средних многолетних величин метеорологических характеристик на поверхности Каспийского моря

1 — относительная влажность, %, 2 — температура воздуха, °С, 3 — температура воды, °С, 4 — влагосодержание, мм, 5 — скорость ветра, м/с

В летнее время температурные контрасты между северными и южными частями моря сглажены, средняя температура над всей акваторией в июле находится в пределах 24–26°. Наименьшие средние температуры воздуха наблюдаются в восточной половине средней части моря и связаны с охлаждающим влиянием развивающегося здесь апвеллинга.

Осенью в северной части моря наблюдается резкое падение температуры воздуха, особенно в восточной его половине. Средние температуры октября в прибрежной полосе северной части моря составляют 9–10°, в открытых районах — 12–13°. В средней части моря средняя температура воздуха в октябре 15–17°, в прибрежной зоне западного побережья 14–15°, у восточного — 12–14°. Наиболее высокие средние температуры воздуха в октябре наблюдаются в Южном Каспии. В самых южных открытых районах моря температура воздуха достигает 21°.

Направление и сила ветров, дующих над Каспийским морем, определяются тремя факторами: характером общей циркуляции атмосферы, полем температуры, создаваемым самим морем, и рельефом его берегов.

В приземном слое ветровой режим отличается неустойчивостью, что объясняется различием типов атмосферных процессов в пределах отдельных частей моря. Общая закономерность ветрового режима такова, что большую часть года над морем господствуют ветры северных (СЗ, С, СВ)

и юго-восточного направлений [Кошинский, 1964; Комплексные гидрометеорологические атласы . . . , 1963]. В среднем за год вероятность установления ветровых полей северных румбов составляет 41%, причем летом их вероятность несколько больше (48,7%), чем в другие сезоны года. Почти половина из них приходится на ветры северо-западной четверти. Ветры северных румбов наблюдаются при распространении на южные районы Европейской территории Союза отрогов Азорского антициклона, при смещении антициклонов со Скандинавии, Баренцева или Карского морей, а также при активизации южнокаспийского циклона, который в дальнейшем перемещается в северо-восточном направлении на западные районы Средней Азии. Юго-восточные ветры составляют в среднем за год 35,9%. Чаще всего они наблюдаются зимой (41,3%), когда над районами Казахстана и Средней Азии образуется устойчивый антициклон, который благоприятствует юго-восточному переносу воздушных масс. Из всех типов ветровых потоков над Каспийским морем юго-восточный наиболее устойчив.

Средняя скорость ветра в пределах акватории моря составляет 5,7 м/с. Наибольшие скорости наблюдаются в средней части моря и в среднем за год равны 6–7 м/с. В районе Апшеронского полуострова их величина составляет 8–9 м/с. Господствующие в море северо-западные ветры принимают в этом районе четкое северное направление и достигают скорости 25–30 м/с. Это хорошо известные штормовые "бакинские норды". К югу от Апшеронского полуострова скорость ветра постепенно убывает и в самых крайних южных районах моря, находящихся под защитой окружающих горных хребтов, уменьшается до 2–3 м/с, особенно в летние месяцы, когда даже максимальная скорость ветров не превышает 10 м/с. Штормовые ветры восточного и юго-восточного направлений наблюдаются в открытой части моря у п-ова Мангышлак.

Годовой ход влажности воздуха аналогичен годовому ходу температуры воздуха. Наименьшая влажность воздуха над Каспийским морем наблюдается в январе–феврале, когда она составляет в северной части моря 2–3 мм, в южной 6–7 мм. В июле и августе абсолютная влажность воздуха наибольшая за год и составляет в северной и средней частях моря 17–18 мм, в южной – 19–20 мм рт. ст.

Контрасты между влажностью воздуха над морем и его побережьем сильнее всего летом, когда велико испарение с акватории моря, а с поверхности материка оно уже уменьшается (из-за малой влажности суши).

Насыщенность воздуха водяным паром (относительная влажность) в течение всего года близка к предельной и составляет 80–85%. Зимой в Северном Каспии она равна 90%. В то же время в восточной половине моря, за исключением крайнего юга, начиная с апреля средняя относительная влажность воздуха становится меньше 80%, а в сентябре–октябре даже менее 75%. В крайних северо-восточных районах моря весной и летом средняя относительная влажность не превышает 60–65%. Это наиболее засушливый район моря. В целом для поверхности моря средняя относительная влажность колеблется от 72% в июле до 83% в ноябре.

Таким образом, воздух на Каспийском море наиболее насыщен водяным паром зимой в северной части моря вследствие сильного его охлаждения и в южной части моря благодаря конвергенции здесь воздушных потоков

Таблица 3  
Соотношение между осадками и испарением (в мм)  
на Каспийском море (без Кара-Богаз-Гола) за год

| Характеристика                | I   | II  | III | IV  | V   | VI   | VII  | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|-------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Осадки                        | 20  | 13  | 14  | 13  | 11  | 9    | 7    | 10   | 15  | 26  | 23  | 19  | 180 |
| Испарение                     | 40  | 32  | 34  | 43  | 67  | 90   | 112  | 121  | 138 | 109 | 67  | 57  | 910 |
| Испарение минус осадки        | 20  | 19  | 20  | 30  | 56  | 81   | 105  | 111  | 123 | 83  | 44  | 38  | 730 |
| Отношение испарения к осадкам | 2,0 | 2,5 | 2,4 | 3,3 | 6,1 | 10,0 | 16,0 | 12,1 | 9,2 | 4,2 | 2,9 | 3,0 | 5,0 |

с высокой абсолютной влажностью. В этих районах моря в холодное время года нередко бывают туманы, повторяемость их более 10%. На остальной акватории повторяемость туманов в холодное время года составляет не более 5%, а с мая по октябрь — менее 1–2%.

Наибольшая величина влагосодержания атмосферы над морем наблюдается в июле. В среднем для всего моря она составляет слой воды 34 мм и колеблется от 26 мм в северо-восточных районах до 38 мм в юго-восточных. Наименьшая величина влагосодержания — в январе–феврале, когда она равна всего 11 мм [Климатический и гидрологический атлас Каспийского моря, 1955; Кузнецова, 1983]. Механизм обмена влагой между водной поверхностью моря и атмосферой в течение года иллюстрируется данными табл. 3.

Сумма атмосферных осадков, выпадающих на водное зеркало Каспийского моря, и величина испарения с него равны соответственно 180 и 910 мм в год. Море отдает в атмосферу в среднем за год в 5 раз больше влаги, чем от нее получает (в восточной части Среднего Каспия — даже в 13 раз). Исключение составляет лишь крайняя юго-западная часть моря, где среднегодовая сумма атмосферных осадков соизмерима с величиной испарения.

В целом с Каспийского моря поступает в атмосферу в среднем за год 730 мм влаги. Внутригодовое распределение осадков и испарения находится в противофазе. Наибольшее количество осадков выпадает в холодную половину года (с октября по март) — 60%, остальные 40% — в теплую. Такое распределение обусловлено характером развития атмосферной циркуляции над акваторией моря. Наибольшие величины испарения наблюдаются в теплый период, особенно в июле–сентябре, когда отмечаются высокие температуры воздуха и наибольшая относительная сухость воздуха над морем. Наибольшая разность между испарением и осадками (так называемое видимое испарение) наблюдается в августе и сентябре, когда Каспийское море в наибольшей степени обогащает атмосферу влагой. Превышение испарения над осадками для моря в целом сохраняется в течение всего года. В этом проявляется важная климатообразующая роль Каспийского моря.

## ВОДНЫЙ БАЛАНС И УРОВЕНЬ МОРЯ

Непостоянство уровня поверхности Каспийского моря — одна из главных особенностей его гидрологического режима. В вековом ходе уровня Каспийского моря выделяются циклические колебания различной продолжительности.

Вплоть до 30-х годов текущего столетия водный баланс Каспийского моря формировался под влиянием естественных климатических факторов, в результате их долговременных изменений. С середины 30-х годов на реках Каспийского бассейна началось интенсивное водохозяйственное строительство, влияние которого стало ощутимо сказываться в 50-е годы. К началу 70-х годов практически все крупные реки бассейна были зарегулированы, заполнены и пущены в эксплуатацию водохранилища. В результате этого уменьшился объем речного стока и изменилось его внутригодовое распределение. В 30-е годы уменьшение суммарного притока речных вод в Каспий не превышало  $5-7 \text{ км}^3$  в год, в настоящее время безвозвратные изъятия достигают в отдельные годы около  $50 \text{ км}^3$  в год. Следовательно, помимо влияния климатических факторов, величина поверхностного притока в море испытывает ощутимое дополнительное влияние антропогенной деятельности.

Исследование водного баланса за 1900–1982 гг.<sup>1</sup> показало, что величины его приходной части почти все время были меньше, чем расходной, в основном за счет притока рек (табл. 4). Дефицит баланса, составивший в среднем  $14 \text{ км}^3/\text{год}$ , обусловил общую тенденцию снижения уровня моря, продолжавшегося до 1977 г. включительно. Лишь в отдельные непродолжительные отрезки времени приход воды в море превышал расход и происходило повышение или стабилизация уровня (рис. 5).

Поверхностный приток в море складывается из стока рек Волги, Урала, Терека, Сулака, Самура, Куры, малых кавказских рек и рек Иранского побережья. Волга, бассейн которой составляет около 40% территории водосборного бассейна Каспия, определяет основную часть поверхностного притока к морю, достигающую около 80% общего его объема.

Изменения многолетнего сезонного стока Волги в различные отрезки времени достигают значительных величин (табл. 5).

Благоприятные гидрометеорологические условия в бассейне моря, сложившиеся в начале столетия (1900–1929 гг.), обусловили значительный приток речных вод к морю и относительно высокое положение его уровня (см. рис. 5). В 30-е годы в бассейнах Волги и Урала наблюдался затяжной маловодный период. Величина волжского стока сократилась до  $200 \text{ км}^3$  в год, в то время как в 1900–1929 гг. она достигала  $250 \text{ км}^3$  в год. Главная причина этой маловодности — потепление климата, охватившее все северное полушарие. В результате значительно уменьшилось количество атмосферных осадков, главным образом осенне-зимних, формирующих основной объем стока Волги.

В период 1942–1969 гг. бассейну моря был присущ более умеренный климат, поэтому водоносность рек несколько увеличилась и темпы падения

<sup>1</sup> Данные о стоке рек здесь и в главе 2 обобщены за разные отрезки времени и по разным пунктам наблюдений. Поэтому величины, приводимые авторами, не всегда совпадают (Примеч. ред.).

Таблица 4  
Составляющие водного баланса Каспийского моря

| Годы      | Уровень моря, м | Сток рек        |         | Осадки          |         |
|-----------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|---------|
|           |                 | км <sup>3</sup> | см слоя | км <sup>3</sup> | см слоя |
| 1900–1929 | -26,18          | 335,7           | 83,4    | 69,8            | 17,3    |
| 1930–1941 | -26,80          | 268,6           | 68,3    | 72,9            | 18,5    |
| 1942–1969 | -28,18          | 285,4           | 77,3    | 74,1            | 20,0    |
| 1970–1977 | -28,64          | 240,5           | 66,6    | 87,6            | 24,3    |
| 1978–1982 | -28,54          | 310,9           | 85,8    | 93,1            | 25,7    |
| 1900–1982 | -27,32          | 298,3           | 77,3    | 73,7            | 19,1    |

| Годы      | Испарение       |         | Сток в Кара-Богаз-гол |         | Результирующая баланса |         |
|-----------|-----------------|---------|-----------------------|---------|------------------------|---------|
|           | км <sup>3</sup> | см слоя | км <sup>3</sup>       | см слоя | км <sup>3</sup>        | см слоя |
| 1900–1929 | 389,4           | 96,7    | 21,8                  | 5,4     | -1,7                   | -0,4    |
| 1930–1941 | 394,8           | 100,4   | 12,4                  | 3,2     | -61,7                  | -15,7   |
| 1942–1969 | 356,3           | 96,4    | 10,6                  | 2,9     | -3,4                   | -0,9    |
| 1970–1977 | 374,9           | 103,9   | 7,1                   | 2,0     | -49,9                  | -13,8   |
| 1978–1982 | 354,8           | 97,9    | 2,5*                  | 0,7     | 50,7                   | 14,0    |
| 1900–1982 | 375,5           | 97,3    | 14,6*                 | 3,8     | -14,1                  | -3,6    |

\* В 1980 г. сток в залив Кара-Богаз-Гол временно прекращен.

уровня замедлились. Однако в первой половине 70-х годов в бассейне Каспийского моря опять сложились неблагоприятные гидрометеорологические условия и произошло падение уровня моря до самой низкой отметки за все время проведения инструментальных наблюдений — до -29,0 м (1977 г.). Величина суммарного речного стока в 1970–1977 гг. оказалась даже ниже, чем в период интенсивного падения уровня в 30-х годах. Сток Волги уменьшился до 207 км<sup>3</sup>/год и был ниже средней многолетней нормы за 1900–1982 гг. — 238 км<sup>3</sup>/год.

Изменение характера увлажненности в бассейне Каспия, наступившее в конце 70-х годов, привело к увеличению атмосферных осадков, водоносность Волги резко повысилась, и произошел быстрый подъем уровня моря (см. табл. 5, рис. 5).

За исследованный период (1900–1982 гг.) разность между максимальным и минимальным поверхностным притоком в море составляет 260 км<sup>3</sup>. Наибольший суммарный поверхностный приток — около 460 км<sup>3</sup> — отмечался в 1926 г., а наименьший — 200 км<sup>3</sup> — в 1975 г.

Внутригодовое распределение поверхностного притока в Каспий, несмотря на различие физико-географических условий речных бассейнов и специфические особенности годового стока отдельных рек, почти полностью соответствует внутригодовому распределению стока Волги, составляющего основную долю общего притока в море.

В течение года четко выделяется максимум стока в мае–июне, в период прохождения половодья. В это время в море ежемесячно поступает

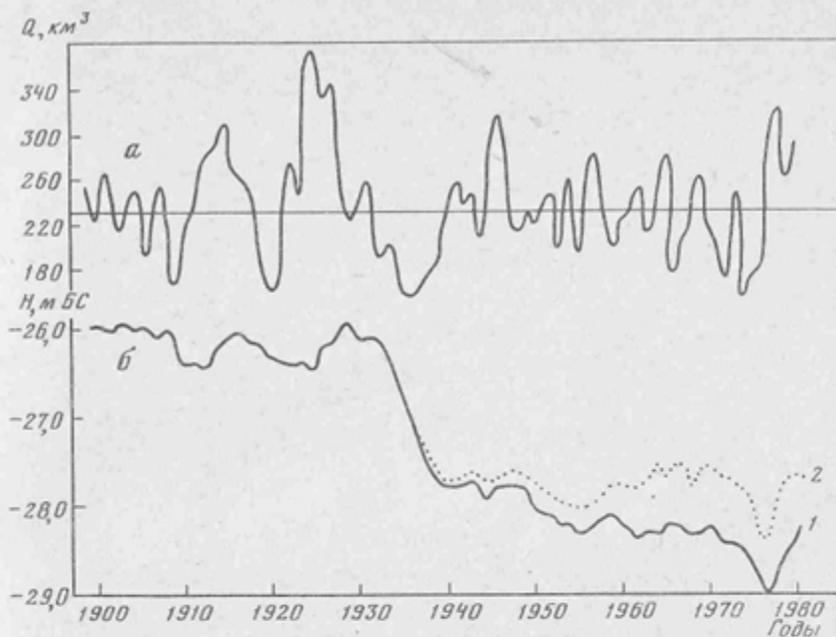


Рис. 5. Многолетние изменения стока Волги ( $\text{км}^3/\text{год}$ ) (а), уровня моря (м БС) (б): 1 — фактический, 2 — естественный

17–26% величины годового стока. Меньше всего речной воды поступает в зимние месяцы: в январе–феврале 3–7% годового стока.

Интенсивное использование водных ресурсов рек, начавшееся с 50-х годов, привело к уменьшению величины поверхностного притока в море, его внутригодовому перераспределению и, как следствие, к дополнительному снижению уровня моря (см. рис. 5). В 70-х годах уменьшение величины волжского стока за счет безвозвратных изъятий на народнохозяйственные нужды составляло уже около  $20 \text{ км}^3$  в год [Шикломанов, 1976], что равняется 50% ежегодных суммарных изъятий из рек Каспийского бассейна. Всего с 1940 по 1982 г. море "недополучило" свыше  $800 \text{ км}^3$  речной воды, что может быть почти соизмеримо с трехлетним стоком Волги в среднеклиматических условиях.

Поскольку объем атмосферных осадков, выпадающих на акваторию моря, существенно меньше объема речного стока, влияние осадков на межгодовые изменения уровня моря значительно меньше, чем речного стока.

С начала столетия прослеживается тенденция увеличения осадков, выпадающих на поверхность моря. Их доля в водном балансе изменялась от 15% в начале столетия до 23% в 1978–1982 гг., когда на поверхность моря в среднем за год выпадало 257 мм, что существенно превышало среднегодовую норму (191 мм). Наибольшее количество осадков — около  $112 \text{ км}^3$  (308 мм) — было зарегистрировано в 1969 г., наименьшее — около  $50 \text{ км}^3$  (132 мм) — в 1944 г. Таким образом, размах колебаний количества осадков составил около  $60 \text{ км}^3$  (178 мм слоя). В течение года наименьшее количество осадков выпадает в летние месяцы — июль–август (табл. 6).

Таблица 5  
Внутригодовое распределение стока Волги (у с. Верхнего Лебяжьего)  
в 1900–1982 гг.

| Годы      | I                 | II               | III              | IV               | V                 | VI                |
|-----------|-------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| 1900–1929 | $\frac{7,8^*}{3}$ | $\frac{6,8}{3}$  | $\frac{7,6}{3}$  | $\frac{14,9}{6}$ | $\frac{49,8}{20}$ | $\frac{65,8}{26}$ |
| 1930–1941 | $\frac{6,5}{3}$   | $\frac{6,3}{3}$  | $\frac{6,7}{3}$  | $\frac{12,8}{6}$ | $\frac{44,9}{22}$ | $\frac{50,3}{25}$ |
| 1942–1969 | $\frac{10,2}{4}$  | $\frac{11,4}{5}$ | $\frac{13,6}{6}$ | $\frac{18,4}{8}$ | $\frac{51,5}{21}$ | $\frac{50,1}{21}$ |
| 1970–1977 | $\frac{13,6}{6}$  | $\frac{13,2}{6}$ | $\frac{15,9}{8}$ | $\frac{16,0}{8}$ | $\frac{42,5}{20}$ | $\frac{28,1}{14}$ |
| 1978–1982 | $\frac{19,3}{7}$  | $\frac{18,1}{7}$ | $\frac{23,3}{9}$ | $\frac{17,8}{6}$ | $\frac{47,0}{17}$ | $\frac{39,5}{14}$ |
| 1900–1982 | $\frac{9,7}{4}$   | $\frac{9,6}{4}$  | $\frac{11,3}{5}$ | $\frac{16,1}{7}$ | $\frac{48,9}{21}$ | $\frac{53,2}{22}$ |

\* Числитель – сток в км<sup>3</sup>; знаменатель – в %.

Таблица 6  
Внутригодовое распределение количества атмосферных осадков  
выпадающих на поверхность Каспийского моря

| Годы       | I                    | II             | III             | IV              | V               | VI             |
|------------|----------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| 1878–1945* | $\frac{17^{**}}{10}$ | $\frac{12}{7}$ | $\frac{17}{10}$ | $\frac{18}{10}$ | $\frac{13}{7}$  | $\frac{13}{7}$ |
| 1942–1969  | $\frac{20}{10}$      | $\frac{17}{8}$ | $\frac{18}{9}$  | $\frac{15}{8}$  | $\frac{11}{6}$  | $\frac{9}{4}$  |
| 1970–1977  | $\frac{24}{10}$      | $\frac{22}{9}$ | $\frac{21}{9}$  | $\frac{18}{8}$  | $\frac{17}{7}$  | $\frac{10}{4}$ |
| 1978–1982  | $\frac{22}{9}$       | $\frac{18}{7}$ | $\frac{29}{11}$ | $\frac{26}{10}$ | $\frac{25}{10}$ | $\frac{14}{6}$ |
| 1940–1982  | $\frac{20}{10}$      | $\frac{17}{8}$ | $\frac{19}{9}$  | $\frac{16}{8}$  | $\frac{14}{7}$  | $\frac{10}{5}$ |

\* Данные Б.Д. Зайкова (1946).

\*\* Числитель – мм слоя; знаменатель – %.

Испарение с поверхности моря – основная расходная составляющая водного баланса. Из-за отсутствия достаточного количества фактических наблюдений его величина в настоящее время оценивается по различным теоретическим и эмпирическим формулам. Использование методики расчета, разработанной в ГОИНе [Гоптарев, Панин, 1970], позволило уточнить межгодовое и внутригодовое распределение величин испарения по акватории Каспия.

На акватории моря наиболее высокая величина испарения характерна для Северного Каспия, а наиболее низкая – для Среднего Каспия.

|  | VII         | VIII        | IX          | X           | XI          | XII         | Средне-годовой сток |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|
|  | <u>32,0</u> | <u>15,8</u> | <u>13,1</u> | <u>13,2</u> | <u>13,4</u> | <u>10,4</u> | <u>250,6</u>        |
|  | 13          | 6           | 5           | 5           | 5           | 4           | 100                 |
|  | <u>23,3</u> | <u>12,0</u> | <u>8,7</u>  | <u>9,4</u>  | <u>11,2</u> | <u>8,4</u>  | <u>200,5</u>        |
|  | 12          | 6           | 4           | 5           | 6           | 4           | 100                 |
|  | <u>22,4</u> | <u>14,7</u> | <u>12,7</u> | <u>13,4</u> | <u>13,5</u> | <u>9,3</u>  | <u>241,2</u>        |
|  | 9           | 6           | 5           | 6           | 6           | 4           | 100                 |
|  | <u>15,0</u> | <u>13,2</u> | <u>11,7</u> | <u>12,0</u> | <u>12,2</u> | <u>14,2</u> | <u>207,6</u>        |
|  | 7           | 6           | 6           | 6           | 6           | 7           | 100                 |
|  | <u>18,7</u> | <u>17,9</u> | <u>16,6</u> | <u>17,4</u> | <u>18,8</u> | <u>19,9</u> | <u>274,3</u>        |
|  | 7           | 7           | 6           | 6           | 7           | 7           | 100                 |
|  | <u>25,1</u> | <u>14,8</u> | <u>12,4</u> | <u>13,0</u> | <u>13,4</u> | <u>10,7</u> | <u>238,2</u>        |
|  | 11          | 6           | 5           | 5           | 6           | 4           | 100                 |

|  | VII      | VIII      | IX        | X         | XI        | XII       | Год        |
|--|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|  | <u>9</u> | <u>11</u> | <u>15</u> | <u>16</u> | <u>18</u> | <u>18</u> | <u>177</u> |
|  | 5        | 6         | 9         | 9         | 10        | 10        | 100        |
|  | <u>8</u> | <u>13</u> | <u>19</u> | <u>29</u> | <u>22</u> | <u>19</u> | <u>200</u> |
|  | 4        | 6         | 10        | 14        | 11        | 10        | 100        |
|  | <u>7</u> | <u>8</u>  | <u>22</u> | <u>28</u> | <u>33</u> | <u>28</u> | <u>236</u> |
|  | 3        | 3         | 9         | 12        | 14        | 12        | 100        |
|  | <u>8</u> | <u>22</u> | <u>18</u> | <u>28</u> | <u>29</u> | <u>18</u> | <u>256</u> |
|  | 3        | 9         | 7         | 11        | 11        | 7         | 100        |
|  | <u>8</u> | <u>13</u> | <u>19</u> | <u>28</u> | <u>24</u> | <u>20</u> | <u>210</u> |
|  | 4        | 6         | 9         | 13        | 12        | 10        | 100        |

Анализ межгодовых изменений величин испарения в текущем столетии показал, что самое интенсивное испарение было в 30-х годах, чему способствовала засушливость климата, связанная с преобладанием антициклонического режима циркуляции атмосферы на значительной части ЕТС, что вызвало повышенное испарение не только в водосборном бассейне моря, но и на его акватории. В это время с поверхности моря ежегодно испарялось около 395 км<sup>3</sup> воды — намного больше, чем ее поступало в море. В результате в 1930–1941 гг. море "потеряло" около 740 км<sup>3</sup> воды.

Для испарения с поверхности Каспия характерны незначительные межго-

Таблица 7  
Внутригодовое распределение величин испарения  
с поверхности Каспийского моря

| Годы      | I   | II  | III | IV  | V   | VI  |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1942–1969 | 40* | 45  | 38  | 46  | 52  | 86  |
|           | 4,1 | 4,7 | 3,9 | 4,8 | 5,4 | 8,9 |
| 1970–1977 | 79  | 65  | 36  | 50  | 54  | 79  |
|           | 7,6 | 6,3 | 3,5 | 4,8 | 5,2 | 7,6 |
| 1978–1982 | 69  | 50  | 35  | 42  | 49  | 71  |
|           | 7,0 | 5,1 | 3,6 | 4,3 | 5,0 | 7,3 |
| 1940–1981 | 52  | 52  | 38  | 46  | 51  | 85  |
|           | 5,3 | 5,3 | 3,8 | 4,6 | 5,2 | 8,6 |

\*Числитель – мм слоя; знаменатель – %.

довые изменения, свидетельствующие об относительной устойчивости этого фактора. Однако следует отметить, что в связи с понижением уровня моря и соответствующим сокращением площади его зеркала происходит изменения объема испаряющейся воды.

Сезонная изменчивость испарения более значительна, чем межгодовая. Так, с июня по декабрь с поверхности моря испаряется около 70% годового объема воды (табл. 7).

К расходным составляющим водного баланса до 1980 г. относился также сток морских вод из Каспия в залив Кара-Богаз-Гол. Непосредственные наблюдения за стоком в залив велись с 1928 г. Среднеголетняя величина стока за 1900–1979 гг. составила около 15 км<sup>3</sup>/год.

В начале столетия в залив стекало до 30 км<sup>3</sup> в год, в последующие годы, в связи с сокращением речного притока и понижением уровня моря, объем стока морских вод в залив постоянно сокращался (см. табл. 4).

С целью сокращения величины расходной составляющей водного баланса Каспия в 1980 г. Кара-Богаз-Гол был отделен от моря глухой плотиной, сток морских вод в залив прекратился. Перекрытие Кара-Богаз-Гола позволило "экономить" до 1985 г. более 40 км<sup>3</sup> морской воды, что в общем повышении уровня моря составило около 17 см слоя, и уровень моря ежегодно стал в среднем на 2,5–2,7 см выше, чем при существовании стока в залив.

Роль подземного притока в море в водном балансе Каспия незначительна, величина его ориентировочно оценивается в 4 км<sup>3</sup>/год [Потайчук, 1970].

За историческое время происходила неоднократная смена низких и высоких стояний уровня Каспия (рис. 6). В середине XVI в. уровень моря находился на отметке –26,6 м, в последующее столетие произошло повышение уровня до –23,9 м, а в начале XVIII в. уровень опустился до отметки –26 м. После этого значительного снижения начался период высокого стояния уровня, и к началу XIX в. (1805 г.) его отметка достигла –22 м [Берг, 1934; Аполлов, 1951; Федоров, 1957; Николаева, Хан-Магомедов, 1962]. С начала проведения инструментальных наблюдений (1837 г.) и до начала XX в. уровень сохранял положение в среднем около –25,8 м.

| VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII | Год  |
|------|------|------|------|------|-----|------|
| 96   | 127  | 146  | 123  | 98   | 66  | 964  |
| 10,0 | 13,2 | 15,4 | 12,8 | 10,2 | 6,8 | 100  |
| 103  | 137  | 150  | 120  | 82   | 82  | 1039 |
| 9,9  | 13,2 | 14,4 | 11,6 | 7,9  | 7,9 | 100  |
| 83   | 137  | 158  | 129  | 93   | 63  | 979  |
| 8,5  | 14,0 | 16,0 | 13,2 | 9,5  | 6,4 | 100  |
| 98   | 131  | 148  | 124  | 93   | 70  | 988  |
| 9,9  | 13,2 | 15,0 | 12,6 | 9,4  | 7,1 | 100  |

С 1900 по 1929 г. изменения уровня были незначительными и происходили около средней отметки  $-26,2$  м. Это относительно равновесное положение уровня сменилось его резким снижением: с 1930 по 1941 г. оно составило  $1,8$  м и было связано с крупномасштабными климатическими изменениями. В последующие годы снижение уровня Каспия происходило более медленно, а в 60-е годы наблюдалась некоторая его стабилизация около отметки  $-28,4$  м. В первой половине 70-х годов произошло понижение уровня до экстремально низкой за последние 150 лет отметки:  $-29$  м в 1977 г. Общее снижение с 1900 по 1977 г. составило  $3$  м, в том числе за счет хозяйственной деятельности — около  $1$  м. С 1978 г. уровень Каспия стал резко повышаться и в 1985 г. достиг отметки  $-27,97$  м, т.е. поднялся более чем на метр.

Современное повышение уровня не представляет собой аномального явления. Как отмечалось, значительные колебания уровня наблюдались как в прошлом, так и в текущем столетии. Так, приращение уровня на  $20$ – $30$  см в год отмечалось в 1865–1866, 1895–1896, 1933–1934, 1937–1938 гг. Повышение уровня моря, наблюдающееся с 1978 г., обусловлено главным образом увеличением объема поступающего в море волжского стока, а также количества атмосферных осадков, выпадающих на поверхность моря. В 1978–1983 гг. количество атмосферных осадков существенно превышало их среднюю многолетнюю норму, достигнув  $256$  мм в год.

Внутригодовое изменение уровня имеет четко выраженный сезонный характер (рис. 7), обусловленный изменчивостью составляющих водного баланса. В зимнее время уровень — низкий, затем вследствие интенсивного поступления в море речных вод наблюдается его весенне-летний подъем. Основное накопление воды в море происходит в июне–июле, и уровень достигает наивысшего положения. С августа, в связи с уменьшением речного притока и увеличением испарения с морской акватории, уровень постепенно понижается до зимнего минимума, наблюдающегося в январе–феврале.

Средняя многолетняя величина внутригодовых изменений уровня за 1900–1983 гг. составила  $30$  см (табл. 8). Наибольшая величина его

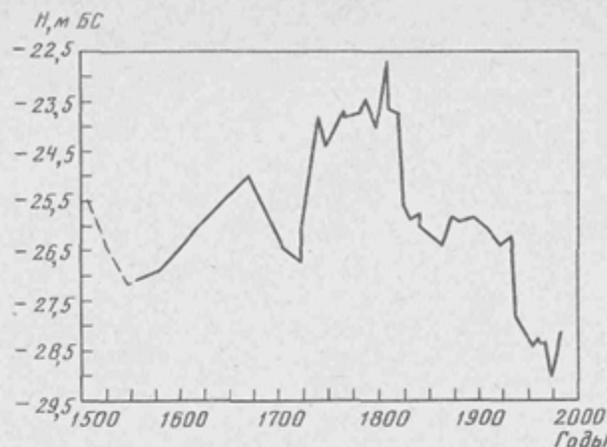


Рис. 6. Вековые изменения уровня Каспийского моря. 1500–1900 гг. – по Л.С. Бергу [1934]; 1901–1983 гг. – данные ГОИНа

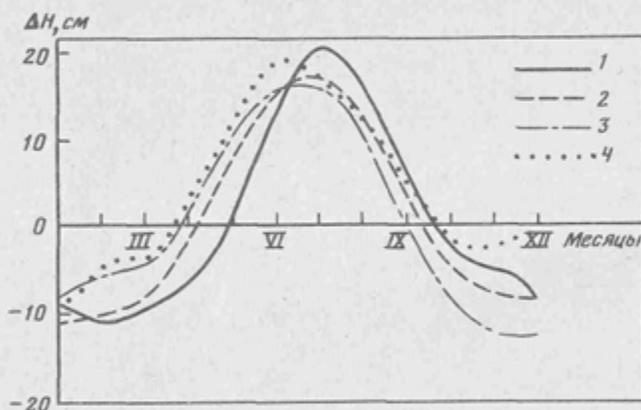


Рис. 7. Среднегодовое внутригодовое изменения уровня Каспийского моря  
1 – 1942–1955 гг., 2 – 1956–1984 гг., 3 – 1970–1977 гг., 4 – 1978–1984 гг.

годовых изменений наблюдалась в многоводный 1926 г. (50 см), наименьшая – в маловодный 1975 г. (25 см).

Зарегулирование речного стока в бассейне Каспийского моря повлияло на сезонный ход уровня. В современных условиях половодье на Волге начинается на месяц–полтора раньше и проходит быстрее, чем до 50-х годов. Это приводит к более раннему наступлению среднемесячного максимума в годовом ходе уровня. Весенне-летние попуски речной воды вызывают некоторое сглаживание хода уровня в это время года, а зимние попуски, наоборот, приводят к повышению уровня. Таким образом, в целом в течение года ход уровня стал более плавным (см. рис. 7).

Большой научный и практический интерес представляет разработка прогнозов уровня моря. В настоящее время существует несколько методов. Во-первых, это так называемые климатические (гелиогеофизи-

Таблица 8  
Среднемесячные многолетние значения уровня Каспийского моря  
и их отклонения от среднегодовых величин

| Годы      | I                      | II                   | III                  | IV                   | V                   | VI                  |
|-----------|------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| 1900–1921 | $\frac{-26,20^*}{-10}$ | $\frac{-26,21}{-11}$ | $\frac{-26,21}{-11}$ | $\frac{-26,20}{-10}$ | $\frac{-26,11}{-1}$ | $\frac{-25,96}{14}$ |
| 1930–1941 | $\frac{-26,86}{-5}$    | $\frac{-26,87}{-6}$  | $\frac{-26,88}{-7}$  | $\frac{-26,85}{-4}$  | $\frac{-26,77}{-1}$ | $\frac{-26,67}{14}$ |
| 1942–1969 | $\frac{-28,28}{-10}$   | $\frac{-28,28}{-10}$ | $\frac{-28,27}{-9}$  | $\frac{-28,22}{-4}$  | $\frac{-28,14}{4}$  | $\frac{-28,03}{15}$ |
| 1970–1977 | $\frac{-28,72}{-8}$    | $\frac{-28,70}{-6}$  | $\frac{-28,68}{-4}$  | $\frac{-28,62}{2}$   | $\frac{-28,54}{10}$ | $\frac{-28,49}{15}$ |
| 1978–1983 | $\frac{-28,55}{-9}$    | $\frac{-28,54}{-5}$  | $\frac{-28,50}{-4}$  | $\frac{-28,43}{3}$   | $\frac{-28,35}{11}$ | $\frac{-28,27}{19}$ |
| 1900–1983 | $\frac{-27,41}{-11}$   | $\frac{-27,41}{-11}$ | $\frac{-27,40}{-10}$ | $\frac{-27,37}{-7}$  | $\frac{-27,28}{2}$  | $\frac{-27,17}{13}$ |

\* Числитель – среднемесячный уровень моря, м; знаменатель – отклонение среднемесячного уровня от среднегодового, см.

| Годы      | VII                 | VIII                | IX                 | X                   | XI                   | XII                  |
|-----------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|----------------------|----------------------|
| 1900–1921 | $\frac{-25,89}{21}$ | $\frac{-25,93}{17}$ | $\frac{-26,03}{7}$ | $\frac{-26,11}{-1}$ | $\frac{-26,14}{-4}$  | $\frac{-26,16}{-6}$  |
| 1930–1941 | $\frac{-26,61}{20}$ | $\frac{-26,67}{14}$ | $\frac{-26,79}{2}$ | $\frac{-26,88}{-7}$ | $\frac{-26,92}{-11}$ | $\frac{-26,96}{-15}$ |
| 1942–1969 | $\frac{-27,99}{17}$ | $\frac{-28,04}{14}$ | $\frac{-28,13}{5}$ | $\frac{-28,21}{-3}$ | $\frac{-28,24}{-6}$  | $\frac{-28,27}{-9}$  |
| 1970–1977 | $\frac{-28,48}{16}$ | $\frac{-28,53}{11}$ | $\frac{-28,64}{0}$ | $\frac{-28,72}{-8}$ | $\frac{-28,77}{-13}$ | $\frac{-28,77}{-13}$ |
| 1978–1983 | $\frac{-28,29}{17}$ | $\frac{-28,34}{12}$ | $\frac{-28,41}{5}$ | $\frac{-28,48}{-2}$ | $\frac{-28,49}{-3}$  | $\frac{-28,47}{-1}$  |
| 1900–1983 | $\frac{-27,11}{19}$ | $\frac{-27,16}{14}$ | $\frac{-27,25}{5}$ | $\frac{-27,34}{-4}$ | $\frac{-27,37}{-7}$  | $\frac{-27,39}{-9}$  |

ческие) прогнозы. Они основаны на физических моделях, связывающих колебания уровня Каспия или отдельных составляющих водного баланса с различными внешними факторами – температурой воздуха и другими метеорологическими характеристиками, атмосферной циркуляцией, солнечной активностью.

Многие авторы [Белинский, Калинин, 1946; Гирс, 1971; Аполлов, Алексеева, 1959; Соскин, 1959; Эйгенсон, 1963; Антонов, 1963; и др.] проводили поиск этих закономерностей временных изменений уровня моря, обусловленных геофизическими и климатическими факторами. Однако климатический прогноз на длительное время для таких обширных территорий, как бассейн Каспия, продолжает оставаться одной из сложных и нерешенных проблем науки. Несмотря на то что наличие солнечно-земных связей в настоящее время признано, механизм этих связей и теоретическая сторона вопроса остаются во многом неясными. Зависимости между уров-

нем моря и характеристиками атмосферной циркуляции также далеко не всегда дают возможность получить прогноз на длительное время.

Ко второй группе прогнозов относятся вероятностно-статистические методы, суть которых состоит в вероятностном описании колебаний уровня исходя из представлений о порождающих их климатических и гидрологических факторах как о стохастических процессах [Крицкий и др., 1975]. Поскольку изменения водного баланса и уровня Каспия обусловлены взаимодействием двух основных факторов: поверхностного притока речных вод и видимого испарения (атмосферные осадки минус испарение), то расчеты и моделирование рядов этих характеристик позволяют исследовать изменчивость уровня моря как в естественных условиях формирования гидрологического режима, так и при различных его нарушениях.

Расчеты вероятных изменений уровня Каспийского моря на длительную перспективу, основанные на воднобалансовом методе, выполнены многими исследователями [Калинин, 1968; Архипова и др., 1972; Смирнова, 1972; Раткович и др., 1973; Шикломанов, 1976; и др.]. Полученные прогнозы хотя и отличаются друг от друга в количественном отношении, но сходны в том, что к концу столетия при средних гидрометеорологических условиях можно ожидать некоторого снижения уровня моря.

Основным затруднением разработки климатического направления прогнозов является то обстоятельство, что для построения надежных физических моделей необходимо найти такие определяющие внешние факторы, изменения которых опережали бы изменения уровня или составляющих водного баланса на срок не менее заблаговременности прогноза. Найти такие факторы трудно, поэтому возникает необходимость экстраполяции их, что представляет не менее сложную задачу, чем разработка самого метода сверхдолгосрочного прогноза уровня моря.

Вероятностно-статистические методы прогноза имеют более строгую теоретическую основу, чем климатические, но вероятностная форма получаемых прогнозов, когда однозначно определяется календарный ход уровня при средних условиях притока и испарения и задается широкая полоса вероятных отклонений положения уровня в каждый год прогнозируемого периода, затрудняет их практическое использование.

Таким образом, в настоящее время не существует достаточно надежных методов прогнозирования ожидаемых изменений уровня Каспийского моря, что существенно затрудняет решение вопросов, связанных с экономикой и развитием народного хозяйства в бассейне моря. Разработка таких методов — одно из наиболее важных направлений исследований Каспия.

#### ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ВОДНЫЕ МАССЫ

Своеобразие условий формирования гидрологической структуры вод Каспийского моря определяется его замкнутостью, внутриматериковым положением, большой меридиональной протяженностью, воздействием речного стока, конфигурацией берегов и рельефом морского дна.

Замкнутость моря исключает адвекцию вод из других бассейнов, предопределяет формирование структуры вод Каспия путем взаимодействия процессов, происходящих в самом водоеме. Расположение моря глубоко

внутри материка Евразии обуславливает значительное воздействие таких внешних факторов, как тепловое и динамическое состояние атмосферы и речной сток. Вытянутость моря в меридиональном направлении более чем на  $10^\circ$  создает большие климатические различия между отдельными его частями, сильнее всего проявляющиеся в зимний сезон. Сложный рельеф дна моря (глубоководные котловины, разделенные порогом, многочисленные острова и банки) влияет на особенности циркуляции вод и характер водообмена. Так, Апшеронский порог ограничивает водообмен между котловинами Среднего и Южного Каспия, способствуя формированию в каждой из них своеобразной гидрологической структуры.

В целом гидрологическая структура вод моря создается путем взаимодействия процессов горизонтальной и вертикальной турбулентности и циркуляции вод, вызываемых различными факторами – полем ветра, потоками тепла и массы через поверхность моря, полем плотности, влиянием конфигурации берегов. Гидрологические условия в разных частях моря существенно зависят также от водообмена между ними.

Сезонные изменения гидрологических условий в Каспийском море весьма значительны, хотя они неодинаковы по акватории и в общем уменьшаются в направлении с севера на юг. В Северном Каспии большая величина сезонных изменений теплового состояния вод определяется резкой континентальностью климата, а солёности – сосредоточением здесь основного количества поступающих в море речных вод. По направлению на юг влияние этих факторов уменьшается. Кроме того, большой объем водных масс Среднего и Южного Каспия делает режим этих частей моря более устойчивым по отношению к внешним воздействиям, чем мелководного Северного Каспия.

Зимой, благодаря климатическим различиям между северными и южными районами моря, температура воды на поверхности изменяется от  $0-0,5^\circ$  у кромки льда до  $10,0-10,7^\circ$  на юге моря (рис. 8). При этом у западного берега моря температура воды ниже благодаря переносу на юг холодных вод с севера, а вдоль восточного берега выше в связи с поступлением на север более теплых южнокаспийских вод. Вертикальные термические различия в толще вод зимой малы вследствие интенсивного развития процессов конвективного перемешивания.

Летом, наоборот, климатические условия над акваторией моря квазиоднородные и горизонтальные температурные различия водных масс в целом меньше, чем зимой. В августе на большей части акватории температура воды на поверхности находится в пределах от  $22-23$  до  $26-27^\circ$ . Лишь в районе у восточного берега Среднего Каспия в июле–августе часто образуется обширная зона отрицательных аномалий температуры воды (до  $16-11^\circ$ ). Ее образование связано со сгонным эффектом частых в летнее время и устойчивых северо-западных ветров, приводящим к выходу на поверхность более холодных вод промежуточных слоев. Эти воды выделяются также по своим химическим и биологическим характеристикам.

При интенсивном прогреве моря весной на нижней границе слоя ветрового перемешивания образуется термоклин, достигающий максимального развития в августе (см. рис. 8). Существование в летний сезон резко выраженного термоклина вблизи от поверхности моря ограничивает распространение термохалинных возмущений в глубинные слои воды. С началом осен-

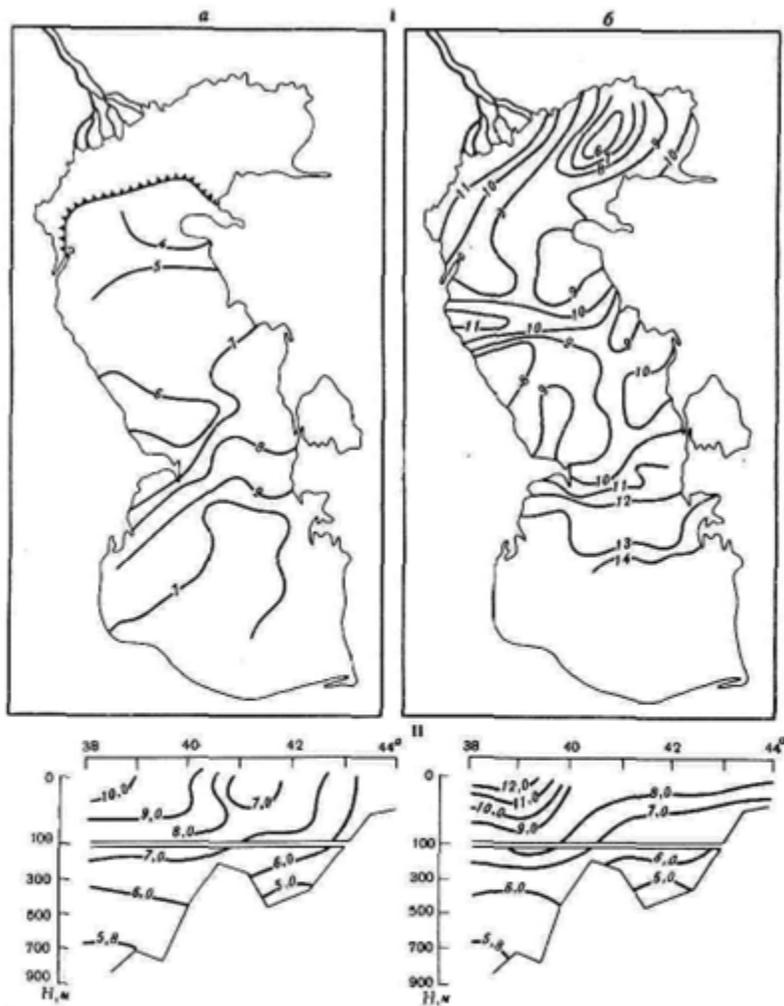
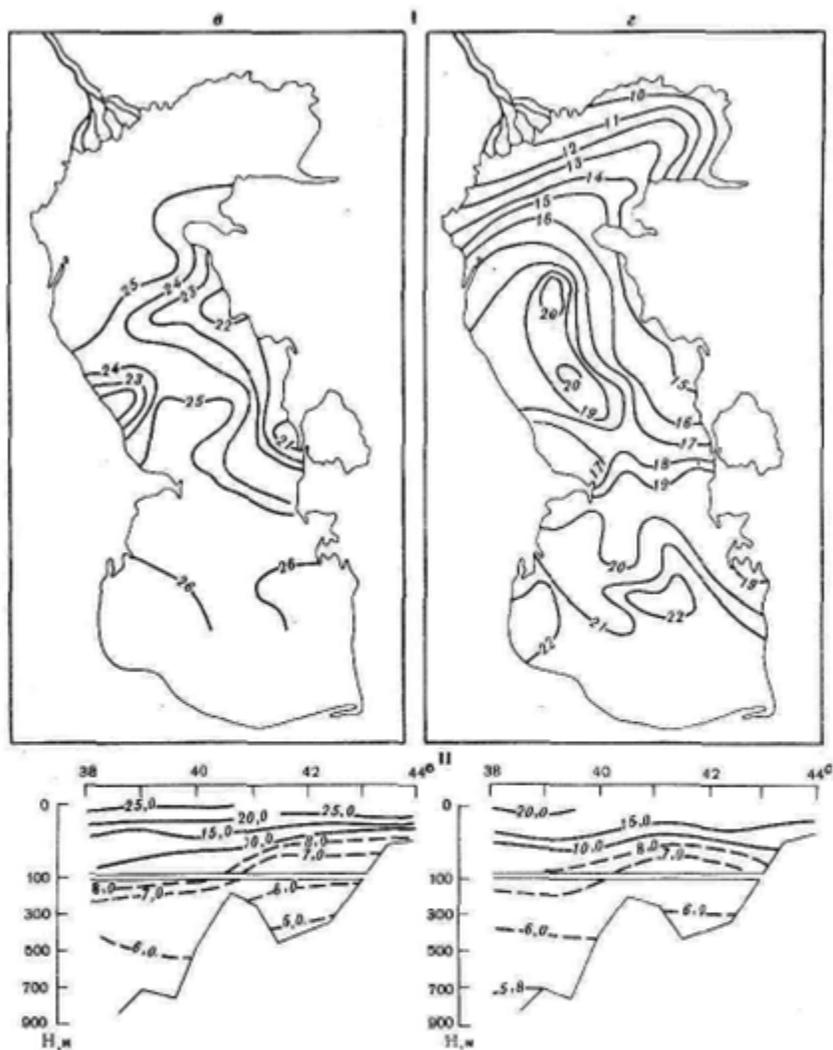


Рис. 8. Распределение температуры воды ( $^{\circ}\text{C}$ ) на поверхности Каспийского моря (I) и на разрезе по меридиану  $51^{\circ}$  в.д. (см. рис. 1) (II) в феврале (а), апреле (б), августе (в) и октябре (г) [Косарев, 1975]

него охлаждения и развитием конвективного перемешивания термоклини разрушается, и в море снова формируется "зимний" тип распределения температуры со значительной однородностью ее по глубине и большими различиями в верхнем слое. Наибольшие годовые разности температуры воды на поверхности моря — до  $20^{\circ}$  — наблюдаются в его северных районах, а также у восточных берегов Южного Каспия, что обусловлено интенсивным летним прогревом и зимним охлаждением мелководий. Для цент-



ральной части Южного Каспия характерны наименьшие изменения температуры в течение года, соответствующие небольшим сезонным климатическим различиям. У западного и восточного берегов Среднего Каспия, в районах апвеллинга, величина годовой разности температуры на поверхности уменьшается на 14–15°.

Сезонные изменения температуры в глубинных слоях моря зависят от развития процессов конвективного перемешивания. В Среднем Каспии сезонные различия температуры наиболее существенны в слое толщиной около 200 м, в Южном Каспии – в слое до 100 м, что связано с развитием здесь зимой вертикальной циркуляции. В суровые зимы, когда конвек-

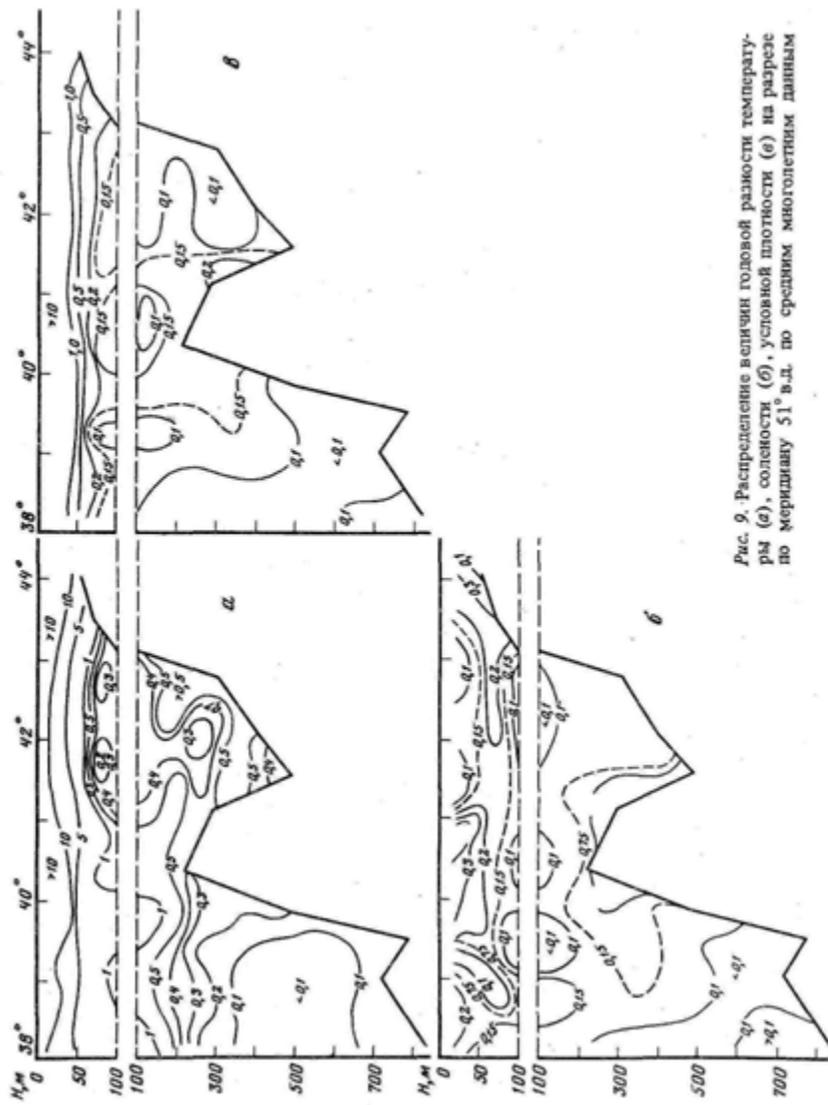


Рис. 9. Распределение величины головой разности температуры (а), солёности (б), условной плотности (в) на разрезе по меридиану 51° в.д. по средним многолетним данным

ция распространяется до больших глубин, понижение температуры может охватывать более значительную толщу воды, а в Среднем Каспии оно доходит до дна. В придонных слоях Среднего Каспия температура равна  $4,5-5,0$ , Южного —  $5,7-6,0^{\circ}$ .

На меридиональном разрезе вдоль  $51^{\circ}$  в.д. (см. рис. 1) максимальные величины годовой разности температуры воды присущи верхнему слою толщиной  $30-40$  м (рис. 9,а). Наименьшие сезонные изменения температуры ( $0,2-0,3^{\circ}$ ) в Среднем Каспии отмечаются в промежуточном слое  $75-300$  м. В Южном Каспии слой минимальной сезонной изменчивости (менее  $0,1^{\circ}$ ) находится значительно глубже — от  $350$  до  $650$  м.

Характерную особенность рассматриваемого разреза представляет увеличение годовой разности температуры воды вдоль северного склона впадины и в придонных слоях Среднего Каспия, вплоть до Апшеронского порога (см. рис. 9,а). Это связано с влиянием процесса плотностного стока в зимнее время холодных вод по северному склону среднекаспийской впадины в ее придонные слои. В Южном Каспии, вдоль склона Апшеронского порога и в придонных слоях также прослеживается некоторое возрастание величин изменчивости температуры.

Таким образом, распределение величин годовой изменчивости температуры воды в Среднем и Южном Каспии свидетельствует о том, что наибольшие сезонные изменения отмечаются в верхнем слое, а также в придонных горизонтах и вдоль склонов глубоководных впадин, а в глубинной толще вод, особенно в южной части моря, они малы.

Пространственные изменения солёности воды больше всего в Северном Каспии, где она возрастает от  $0,1-0,2\text{‰}$  вблизи устьев Волги и Урала до  $10-12\text{‰}$  на границе со Средним Каспием (рис. 10).

В глубоководных частях моря солёность на поверхности увеличивается в целом с севера на юг и с запада на восток. Такое распределение солёности связано с опресняющим влиянием речного стока вдоль западного побережья и осолонением вод у восточного берега, в условиях полного отсутствия здесь пресного стока и интенсивного испарения. В открытых районах моря солёность редко выходит за пределы  $12,7-13,2\text{‰}$ . Вертикальное распределение солёности в Среднем и Южном Каспии весьма однородное — от поверхности до дна ее увеличение не превышает десятых долей промилле (см. рис. 10).

Изменения солёности в различных районах моря от сезона к сезону не отличаются той однонаправленностью, которая присуща изменениям температуры. Так, от весны к лету на всей акватории Южного Каспия солёность возрастает вследствие увеличения испарения. В то же время в Среднем Каспии, где проявляется влияние опресненных северокаспийских вод, солёность на большей части акватории понижается (см. рис. 10).

Изменения солёности от ноября к февралю носят противоположный характер. В Южном Каспии солёность уменьшается, а в Среднем возрастает, что объясняется условиями водообмена между этими частями моря. В это время года более солёные южнокаспийские воды поступают в среднюю часть моря, а в южную выносятся менее солёные среднекаспийские воды.

Максимальные величины годовой разности солёности на поверхности, превышающие  $1\text{‰}$ , отмечаются на северной границе Среднего Каспия и

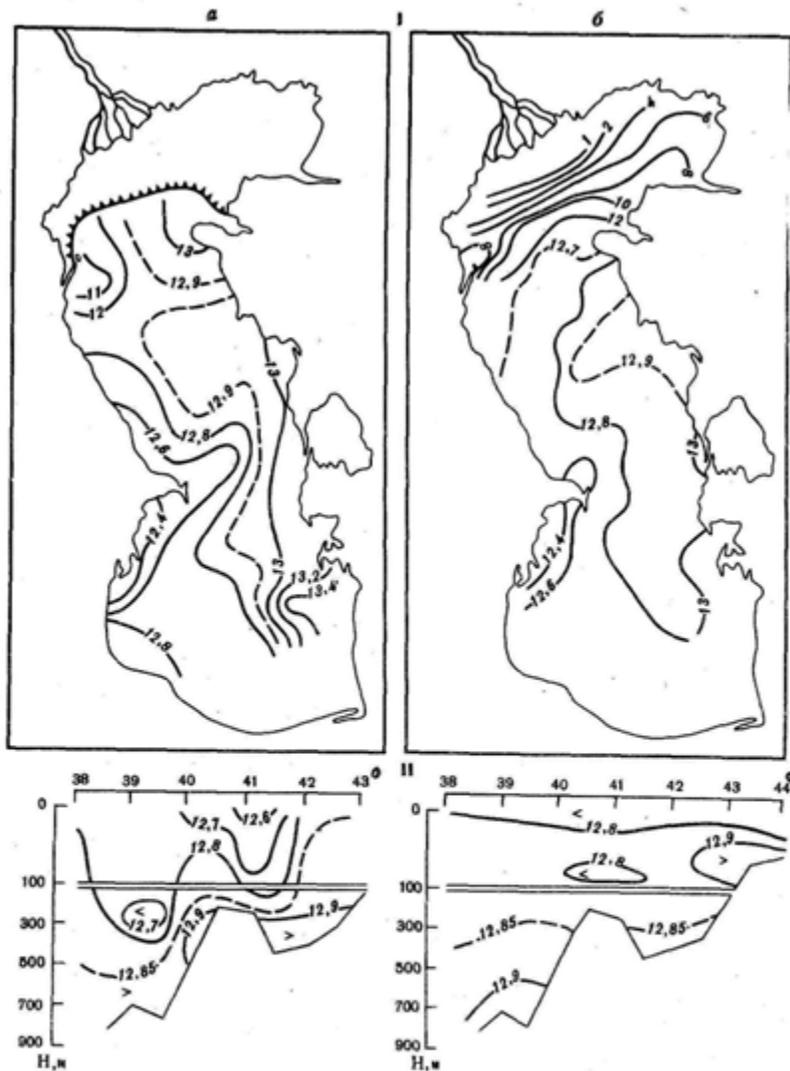
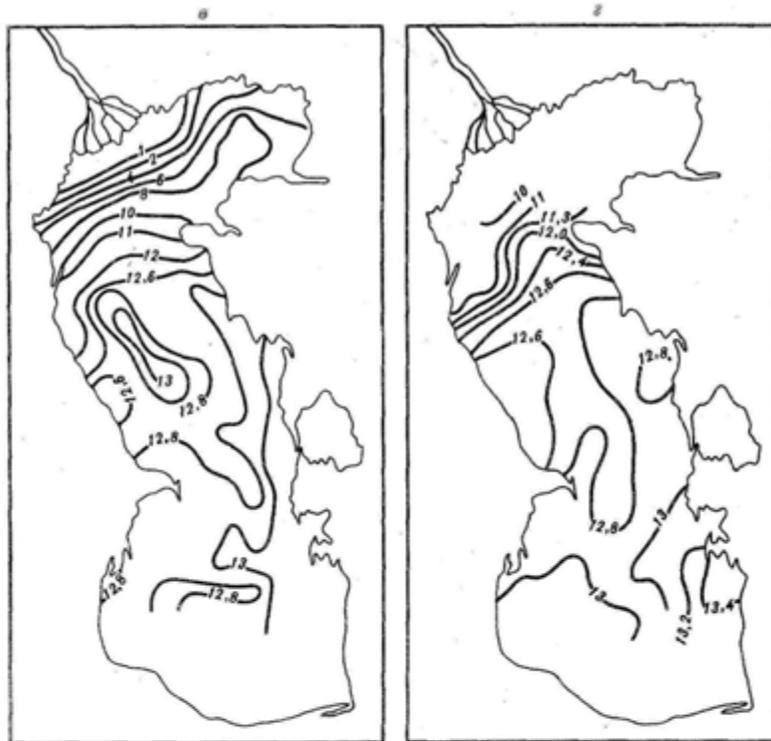


Рис. 10. Распределение солёности (‰) на поверхности Каспийского моря (I) и на разрезе по меридиану 51° в.д. (II) в феврале (а), апреле (б), августе (в) и октябре (г) [Косарев, 1975]

в приустьевых районах. На акватории открытого моря они весьма малы и составляют в среднем  $0,2-0,4\text{‰}$ .

Величины годовой разности солёности на разрезе по меридиану 51° в.д. показывают, что в толще вод они в основном не превышают  $0,2-0,3\text{‰}$ . Минимальные величины изменчивости ( $0,1\text{‰}$  и менее) свойственны глубинным слоям бассейнов. На склонах Апшеронского порога годовые



изменения солёности больше, что связано с интенсивным водообменом между Средним и Южным Каспием через Апшеронский порог (см. рис.9,б).

Однородное распределение солёности в глубоководных частях Каспийского моря — важная черта его гидрологической структуры, обуславливающая ее сезонную изменчивость главным образом за счет температуры. Именно температура воды, при мало изменяющейся солёности, определяет основные особенности поля плотности в зимний и летний сезоны и влияет на вертикальную устойчивость вод, особенно в верхних слоях. В глубинных и придонных слоях моря, где изменения гидрологических характеристик малы, в формировании поля плотности возрастает роль солёности.

Как показывает распределение условной плотности на поверхности моря в феврале и августе (рис. 11), ее изменения по акватории моря малы — от 0,5 усл. ед. зимой до 1,5 усл. ед. летом. В феврале плотность в Среднем Каспии более 11,0 усл. ед., а в Южном — около 10,5 усл. ед. В августе значения плотности уменьшаются в среднем на 3 усл. ед., что и составляет величину годовых изменений плотности на поверхности моря.

Следует отметить однонаправленное влияние сезонных изменений температуры и солёности на плотность в Среднем Каспии и их противоположное влияние в Южном Каспии. Увеличение речного стока в период половодья по времени совпадает с прогревом поверхностных слоев воды и

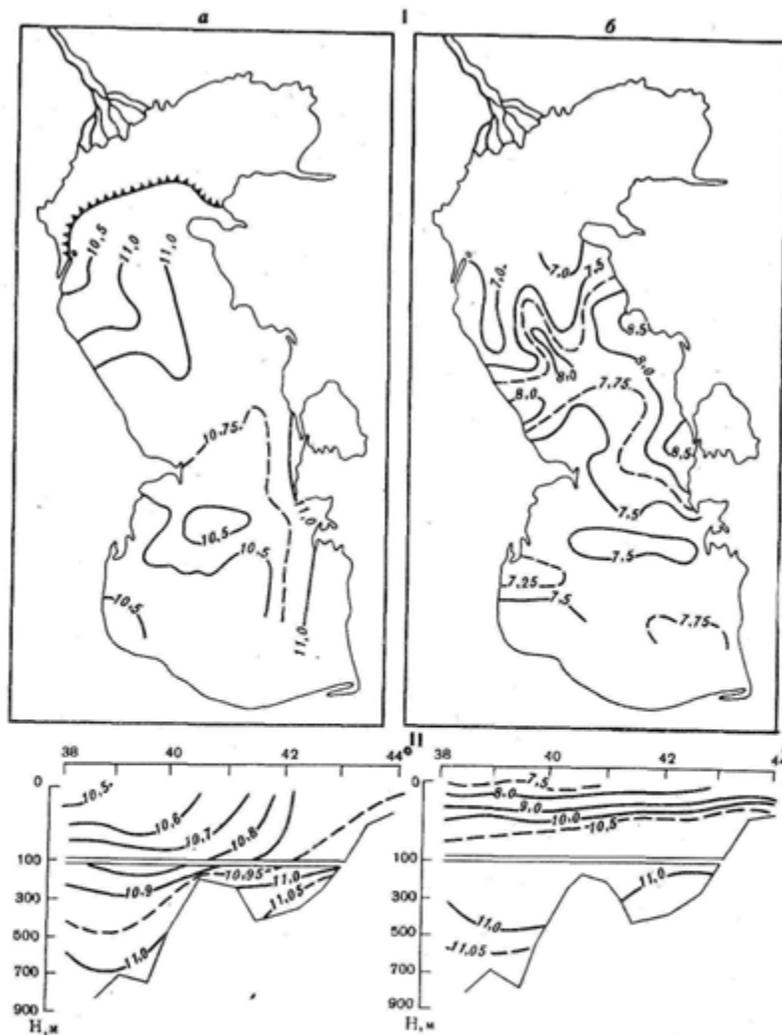


Рис. 11. Распределение условной плотности (усп. ед.) на поверхности Каспийского моря (I) и на разрезе по меридиану 51° в.д. (II) в феврале (а) и августе (б) [Косарев, 1975]

совместное влияние этих факторов способствует уменьшению плотности верхнего слоя воды в Среднем Каспии в весенне-летний сезон. В зимнее время наблюдается усиление поступления более соленых южнокаспийских вод в среднюю часть моря и дальнейшее их охлаждение. Оба фактора вызывают увеличение плотности вод в Среднем Каспии.

В Южном Каспии в летний сезон осолонение поверхностных слоев воды при испарении и интенсивный прогрев оказывают противоположное влия-

ние на изменения плотности воды. Зимой поступление в южную часть моря менее соленых среднекаспийских вод снижает эффект повышения плотности вод в процессе зимнего охлаждения. К тому же и само охлаждение вод в Южном Каспии существенно меньше, чем в Среднем.

Небольшая вертикальная стратификация Каспийского моря по солености и плотности — один из основных факторов, создающих благоприятные условия для развития конвективного перемешивания во всей толще его вод. Перемешивание верхних слоев моря, как отмечалось, происходит благодаря активно развитой зимней вертикальной циркуляции. В перемешивании и вентиляции глубинных слоев важную роль играет плотностной сток из северных мелководных районов моря. Высокая плотность образующихся здесь зимой вод позволяет им стекать до самых больших глубин среднекаспийской впадины и далее, переливаясь через Апшеронский порог, поступать в глубинные слои южной части моря. В придонном слое Южного Каспия перемешивание происходит также за счет конвекции, возбуждаемой тепловым потоком от дна моря.

Сравнение распределения плотности на разрезе по меридиану  $51^{\circ}$  в.д., в феврале и августе показывает, что зимой увеличение плотности происходит практически во всей толще вод. В летнее время небольшое повышение плотности отмечается в придонных слоях Южного Каспия, что может служить подтверждением постепенного поступления в этот бассейн вод с высокой плотностью, образовавшихся зимой в Среднем Каспии.

Зимняя вертикальная циркуляция и плотностной сток вод обеспечивают достаточное насыщение глубинных слоев кислородом и вызывают компенсационный подъем глубинных вод, обогащенных биогенными веществами, в верхний слой моря. Эти процессы создают благоприятные условия для формирования высокой биологической продуктивности в Среднем и Южном Каспии.

По совокупности физико-химических и биологических характеристик вод в Каспийском море были выделены следующие водные массы: северокаспийская, верхняя каспийская, глубинная среднекаспийская и глубинная южнокаспийская (рис. 12) [Косарев, 1962].

Северокаспийская водная масса занимает северную часть моря. Ее объем незначителен (менее 1% от общего объема моря), но она оказывает существенное влияние на гидрологические и биологические процессы всего моря. Основные условия формирования северокаспийской водной массы — влияние обильного речного стока и мелководность северной части моря. За южную границу северокаспийской водной массы можно условно принять изогалину  $11^{\circ}/_{00}$ . Температура северокаспийской водной массы изменяется в широких пределах — от  $0^{\circ}$  зимой до  $25^{\circ}$  летом. Зимой большая часть акватории Северного Каспия покрыта льдом, температура воды подо льдом почти равна температуре замерзания. Летом большая часть северокаспийской воды хорошо прогрета от поверхности до дна и имеет температуру выше  $23-24^{\circ}$ . Соленость северокаспийской воды понижена даже относительно солености всего Каспийского моря. По направлению от устьев Волги и Урала на юг соленость ее увеличивается от  $0,1-0,2$  до  $10-11^{\circ}/_{00}$ . Поскольку это возрастание солености происходит постепенно, между северокаспийской и верхней каспийской водными массами существует довольно широкая переходная зона. Средняя соленость северо-

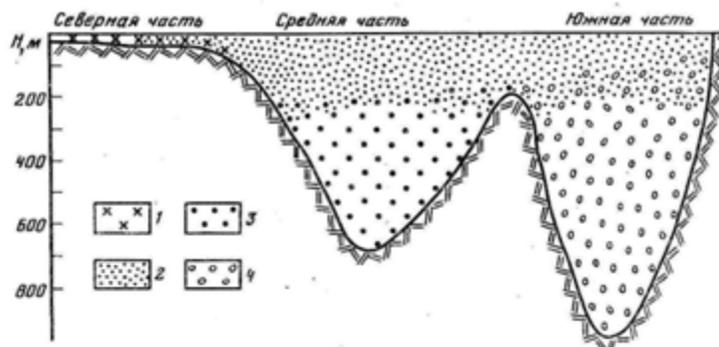


Рис. 12. Распределение водных масс в Каспийском море на меридиональном разрезе [Косарев, 1962]

1 — северокаспийская, 2 — верхняя каспийская, 3 — глубинная среднекаспийская, 4 — глубинная южнокаспийская

каспийской водной массы значительно изменяется в зависимости от многолетних колебаний волжского стока. В периоды опреснения средняя соленость равна  $4-5^{\circ}/_{00}$ , в периоды осолонения —  $9-11^{\circ}/_{00}$ . Вертикальные градиенты солености наблюдаются главным образом в западном районе, наиболее подверженном влиянию речного стока. В остальных районах вертикальные градиенты гидрологических характеристик весьма малы.

В формировании верхней каспийской водной массы главную роль играют процессы зимнего охлаждения и перемешивания и летнего прогрева, а также динамические процессы в верхнем слое моря (волнение, ветровые течения, стошные явления, внутренние волны). Нижняя граница этой водной массы определяется глубиной распространения зимней вертикальной циркуляции и располагается в Среднем Каспии в слое 150–200 м, в Южном — 50–150 м. На нижней границе происходит существенное понижение содержания кислорода и уменьшение вертикальных градиентов температуры. В летней модификации выделяется хорошо прогретый и перемешанный верхний слой толщиной 20–30 м, ограниченный снизу резким термоклином. Соленость верхней каспийской водной массы в большинстве случаев равна  $12,7-13,0^{\circ}/_{00}$ . Эта водная масса отличается высоким содержанием кислорода: в верхнем слое — от 7,5–8,0 зимой до 6,0–6,5 мл/л летом, на нижней границе содержание кислорода не менее 4,5–5,5 мл/л.

Глубинные водные массы формируются главным образом в зимние месяцы в результате плотностного стока холодных вод из северных районов моря, а также с восточного шельфа. Эти воды опускаются в придонные слои среднекаспийской котловины, а переливаясь через Апшеронский порог, поступают и в южнокаспийскую впадину. В суровые зимы в формировании глубинных вод принимает участие и зимняя вертикальная циркуляция. Глубинные каспийские водные массы имеют следующие средние термохалинные характеристики: среднекаспийская (250–300 м — дно) — температура  $3,9-5,2^{\circ}$ , соленость  $12,7-13,0^{\circ}/_{00}$ , содержание кислорода 3,0–5,5 мл/л; южнокаспийская (100–150 м — дно) — температура 5,7–

6,3°, соленость 12,8–13,1‰, содержание кислорода 2,0–3,5 мл/л. Анализ изменчивости термохалинных характеристик глубинных водных масс показывает, что вся толща вод моря находится в подвижном состоянии, что имеет первостепенное значение для такого замкнутого водоема, как Каспийское море.