

**СОЛЕННОСТЬ ВОД СЕВЕРНОГО КАСПИЯ****Н. И. ВИНЕЦКАЯ**

Гидрологический режим Каспийского моря, в особенности его мелководной северной части, оказывает большое влияние на распределение и концентрацию рыб и их кормовых организмов (планктон и бентос), поэтому изучение его представляет большой теоретический и практический интерес. Особое значение имеет содержание растворенных солей в морской воде.

Основными причинами изменения солёности Северного Каспия являются колебание количества поступающих речных вод, падение уровня Каспийского моря, величина испарения, количество выпадающих атмосферных осадков и циркуляция водных масс под влиянием ветров.

Величина солёности воды Северного Каспия определяется главным образом массой пресной воды, поступающей в море, и ее распределением.

Поступление воды в Северный Каспий происходит в основном за счет речного стока, который в связи с постройкой плотин и водохранилищ в значительной степени уменьшится.

Однако, по подсчетам К. И. Иванова [9], солёность глубоководных средней и южной частей Каспия при этом не будет существенно изменяться. Солёность же северной части моря, как мы имели возможность наблюдать, подвержена значительным колебаниям. Поэтому в настоящее время, в период зарегулирования водного стока рек и в особенности р. Волги, важно проследить изменение солёности на протяжении предшествующих лет, выяснить причины колебания солёности и на основании полученных данных наметить пути изменения режима Северного Каспия в условиях зарегулированного стока.

Северную часть моря принято делить на восточную и западную. Западная часть характеризуется неустойчивым гидрологическим режимом, обусловленным воздействием двух мощных факторов: стока р. Волги и водообмена с Средним Каспием. На результат взаимодействия этих факторов влияет, с одной стороны, мощность речных струй, поступающих в море, с другой — направление и сила ветра, возбуждающего течения. Поэтому солёность западной части Северного Каспия может резко изменяться, особенно в районе предстья р. Волги, не только по сезонам и в течение сезона, но и в течение суток и часов. Однако благодаря водообмену с глубоководным Средним Каспием годовые колебания солёности не очень велики.

Восточная часть Северного Каспия отделена от западной подводной возвышенностью (от осередка Укатного до о-вов Мангышлакского архипелага), которая препятствует свободному водообмену с западным районом и Средним Каспием. В связи с падением уровня моря и уменьшением глубин с каждым годом водообмен все более уменьшается. Восточная часть моря является до некоторой степени изолиро-

ванной. Воздействие на гидрологический режим выпадающей в эту часть моря р. Урала, как правило, очень незначительно, так как величина стока ее колеблется в пределах 3—4 км<sup>3</sup>. Только один или два раза за 6—7 лет сток р. Урала резко увеличивается и достигает 20—25 км<sup>3</sup>.

Действующие в этом районе ветры несомненно оказывают влияние на перемещение водных масс, но так как соленость на востоке не имеет таких крайних величин, как на западе, то резких колебаний солености за короткий период времени здесь не наблюдается. Однако годовые изменения солености в этом районе более значительны, чем на западе, благодаря повышенному испарению [7] и затрудненному водообмену с другими частями моря. Поэтому соленость восточной части Северного Каспия может значительно повышаться из года в год и иногда превышает соленость Среднего Каспия.

Прежде чем перейти к изложению основного материала о динамике изменения солености Северного Каспия, мы остановимся кратко на причинах, обуславливающих эти изменения.

### КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ МОРЯ И СТОК РЕК ВОЛГИ И УРАЛА

С 1930 г. уровень Каспийского моря неуклонно падает. Мы приводим данные по водному балансу Каспийского моря с 1878 по 1945 г. и среднемноголетнему, вычисленному за более длительный период (табл. 1), а также данные о колебании уровня моря за период его резкого падения и предшествующего высокого стояния (рис. 1).

Таблица 1

Водный баланс Каспийского моря (по Зайкову)

| Элементы прихода и расхода     | 1878—1945 гг. |                 | Среднемноголетний период |                 | 1941 г. | 1942 г. |
|--------------------------------|---------------|-----------------|--------------------------|-----------------|---------|---------|
|                                | мм            | км <sup>3</sup> | мм                       | км <sup>3</sup> | мм      | мм      |
| Осадки . . . . .               | 177           | 71,1            | 177                      | 71,1            | 214     | 188     |
| Поверхностный приток . . . . . | 808           | 324,2           | 842                      | 339,5           | 855     | 851     |
| Подземный приток . . . . .     | 14            | 5,5             | 14                       | 5,5             | 14      | 14      |
| Приход . . . . .               | 999           | 400,8           | 1033                     | 416,3           | 1083    | 1053    |
| Испарение . . . . .            | 978           | 392,3           | 978                      | 394,1           | 1035    | 948     |
| Сток из моря в залив . . . . . | 55            | 22,2            | 55                       | 28,2            | 13      | 25      |
| Расход . . . . .               | 1033          | 414,5           | 1033                     | 416,3           | 1053    | 973     |
| Изменение уровня моря          | -34           | -13,7           | 0                        | 0               | +30     | +80     |

Из табл. 1 видно, что в водном балансе наибольшее колебание характерно для поверхностного притока, «недостача которого и обусловила в основном отрицательное приращение уровня моря» [6]. В годы повышенного речного стока водный баланс Каспийского моря был положительным.

Низкое половодье р. Волги за последние 24 года и высокие величины испарения с поверхности моря [7] были причинами неуклонного падения уровня моря, за исключением некоторого подъема в отдельные годы повышенного стока, например 1941, 1942, 1946, 1947 и 1948 гг. Па-

дение уровня моря к концу 1957 г. составило 2,19 м. Соответственно уменьшились глубины, площади и объемы отдельных частей моря и в особенности его северной части.

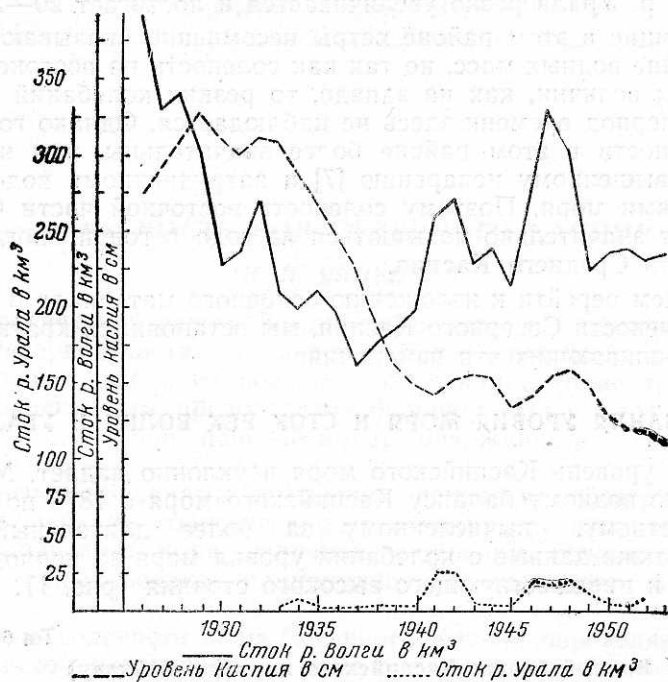


Рис. 1. Многолетние изменения уровня Каспийского моря, стока рек Волги и Урала.

#### ВЛИЯНИЕ СТОКА РЕК

На северную часть Каспийского моря оказывают опресняющее действие две большие реки: Волга и Урал. Средний сток р. Волги  $261 \text{ км}^3$ , средний сток р. Урала  $10 \text{ км}^3$ , при этом более 60% волжской воды и 80% уральской проходит за период паводка. Водный сток рек характеризуется общим количеством воды, сбрасываемой за год и за период весеннего половодья, датами начала паводка и его максимума, продолжительностью подъема и спада, периодом стояния максимального уровня, скоростью подъема и спада и ежедневным ходом уровня воды в реке. В табл. 2 приведены данные, характеризующие элементы весеннего половодья р. Волги с 1926 по 1953 г. По р. Уралу такого рода характеристики мы дать не можем за отсутствием данных. Поскольку влияние р. Урала сказывается только в восточной части моря и в основном в годы повышенного стока, отсутствие подробной характеристики весеннего стока этой реки большого значения не имеет.

Большая часть периода 1930—1953 гг. приходилась на пониженный сток. В течение 18 лет море получало меньше  $250 \text{ км}^3$  волжской воды и только 2 года (1947 и 1948)—более 300, а с 1934 по 1940 г. водный сток Волги был меньше  $200 \text{ км}^3$ , кроме 1935 г.

Главная масса воды в Северный Каспий сбрасывается р. Волгой в период весеннего половодья, а следовательно, величина и характер паводка определяют изменения в солевом составе вод северной части Каспийского моря. За истекший период паводки р. Волги характеризуются определенными закономерностями (рис. 2).

По каждому элементу паводки р. Волги можно разделить на три группы.

## Характеристика весеннего половодья р. Волги за многолетний период 1926—1953 гг.

| Начало паводка       |                      |                                                                                                                              |                                                              | Дата максимума       |                      |                                                                                                                      |                                                                      |                        | Сроки окончания              |                                                                              |                                                      |                       |                        | Продолжительность подъема в днях                                                     |                                                                              |                                              |              | Продолжительность спада в днях                       |                                                      |                              |                      |                      |      |
|----------------------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------|----------------------|------|
| очень ранние<br>4/IV | ранние<br>16—20/IV   | средние<br>24—30/IV                                                                                                          | поздние<br>3—11/V                                            | очень ранние<br>21/V | ранние<br>26—28/V    | средние<br>1—10/VI                                                                                                   | поздние<br>16—18/VI                                                  | очень поздние<br>22/VI | очень ранние<br>29/VI—12/VII | ранние<br>14—24/VII                                                          | средние<br>28/VII—7/VIII                             | поздние<br>14—15/VIII | очень поздние<br>20/IX | 30—40                                                                                | 40—45                                                                        | 45—50                                        | 50           | 20—30                                                | 30—40                                                | 40—50                        | 50—60                | 60—70                | 90   |
|                      |                      |                                                                                                                              |                                                              |                      |                      |                                                                                                                      |                                                                      |                        |                              |                                                                              |                                                      |                       |                        |                                                                                      |                                                                              |                                              |              |                                                      |                                                      |                              |                      |                      |      |
| 1947                 | 1930<br>1946<br>1951 | 1927<br>1928<br>1931<br>1932<br>1933<br>1934<br>1935<br>1937<br>1938<br>1939<br>1940<br>1943<br>1948<br>1949<br>1950<br>1953 | 1926<br>1929<br>1934<br>1936<br>1941<br>1942<br>1944<br>1952 | 1937                 | 1930<br>1935<br>1951 | 1926<br>1927<br>1932<br>1933<br>1934<br>1936<br>1938<br>1939<br>1940<br>1943<br>1945<br>1947<br>1948<br>1950<br>1953 | 1928<br>1929<br>1931<br>1944<br>1946<br>1949<br>1942<br>1952<br>1953 | 1941                   | 1936<br>1937<br>1938<br>1950 | 1931<br>1932<br>1933<br>1934<br>1935<br>1939<br>1946<br>1951<br>1952<br>1953 | 1926<br>1930<br>1940<br>1941<br>1944<br>1945<br>1947 | 1927<br>1929<br>1942  | 1928                   | 1926<br>1930<br>1934<br>1935<br>1936<br>1937<br>1945<br>1946<br>1950<br>1951<br>1952 | 1927<br>1929<br>1933<br>1938<br>1939<br>1940<br>1942<br>1943<br>1944<br>1948 | 1928<br>1931<br>1939<br>1941<br>1948<br>1951 | 1947<br>1949 | 1931<br>1936<br>1937<br>1938<br>1941<br>1949<br>1950 | 1934<br>1939<br>1943<br>1944<br>1946<br>1952<br>1953 | 1927<br>1932<br>1933<br>1935 | 1940<br>1942<br>1947 | 1926<br>1929<br>1930 | 1928 |

Продолжение

| Скорость подъема в см/день |                                                      |                                                                              |                      |      |       | Скорость спада в см/день |              |                                      |                              |                                                                      |                              | Максимальные уровни в см                             |                                                      |                                                              |                                      |      | Сток годовой в км³                                   |                                                              |                              |                              |         |
|----------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------|-------|--------------------------|--------------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------|
| 2—3                        | 4—5                                                  | 5—6                                                                          | 6—7                  | 9—10 | 11—12 | 2—4                      | 4—5          | 5—6                                  | 6—7                          | 7—9                                                                  | 9—10                         | 200—250                                              | 250—300                                              | 300—350                                                      | 350—400                              | 400  | 150—200                                              | 200—250                                                      | 250—300                      | 300—350                      | 350—400 |
| 1937                       | 1930<br>1933<br>1938<br>1939<br>1945<br>1949<br>1952 | 1931<br>1935<br>1940<br>1941<br>1943<br>1944<br>1947<br>1950<br>1951<br>1953 | 1928<br>1934<br>1948 | 1946 | 1926  | 1928                     | 1940<br>1942 | 1926<br>1929<br>1947<br>1951<br>1952 | 1939<br>1943<br>1944<br>1948 | 1927<br>1932<br>1934<br>1937<br>1938<br>1941<br>1946<br>1950<br>1953 | 1931<br>1936<br>1941<br>1949 | 1930<br>1933<br>1935<br>1937<br>1945<br>1950<br>1952 | 1934<br>1938<br>1939<br>1940<br>1943<br>1944<br>1947 | 1931<br>1936<br>1941<br>1942<br>1944<br>1946<br>1948<br>1953 | 1927<br>1928<br>1929<br>1932<br>1947 | 1926 | 1934<br>1935<br>1936<br>1937<br>1938<br>1939<br>1940 | 1943<br>1944<br>1945<br>1949<br>1950<br>1951<br>1952<br>1953 | 1929<br>1932<br>1941<br>1946 | 1927<br>1928<br>1947<br>1918 | 1926    |

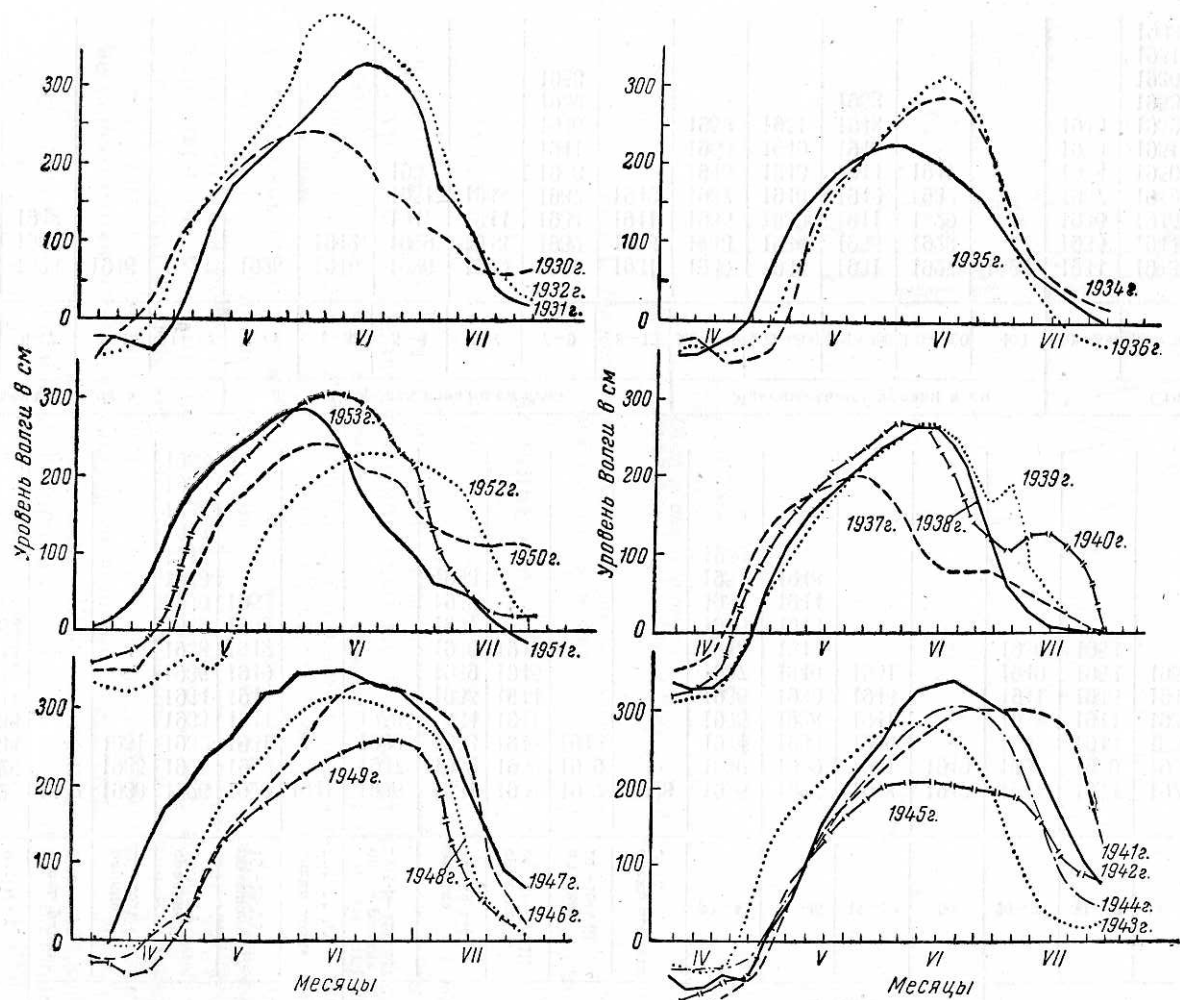


Рис. 2. Изменения уровня р. Волги в весеннее половодье за годы 1930—1953.

1. Имеющие раннее (начало апреля), среднее (третья декада апреля) и позднее (первая декада мая) начало весеннего подъема.
2. По раннему, среднему и позднему наступлению весеннего максимума (16—20 апреля, 24—30 апреля и 3—11 мая).
3. По раннему, среднему и позднему окончанию (14—24 июля, 25 июля — 7 августа и 14—15 августа).
4. По малой, средней и большой продолжительности паводка и скорости подъема и спада воды в реке.
5. По низким, средним и высоким максимальным уровням и величинам стока за период паводка.

Величину весеннего стока характеризуют не сроки начала паводка, а его продолжительность, высота и скорость подъема и спада. Маловодные годы отличаются медленным подъемом, быстрым спадом и небольшой продолжительностью периода паводка. Период подъема и спада в многоводные годы более растянут во времени, за исключением 1926 г., отличающегося очень высокой скоростью подъема — 11 см/день (рис. 3). Позднее окончание свойственно паводкам с большой высотой подъема и высокой величиной водного стока. Раннее окончание паводка наблюдалось большей частью в маловодные годы при стоке менее 250 км<sup>3</sup>, за исключением 1946 г., который имел раннюю дату начала паводка и большую скорость подъема (9,6 см/день). Максимальные уровни не вполне характеризуют величину водного стока р. Волги. Несоответствие такого рода отмечено в 1934, 1938 и 1940 гг. В эти годы при максимальном уровне от 250 до 300 см сток был менее 200 км<sup>3</sup> в год, тогда как в 1930, 1933 и 1945 гг. при таком же уровне сток был выше 200 км<sup>3</sup>.

### ВЕТРОВОЙ РЕЖИМ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Гидрологический режим мелководной северной части Каспийского моря находится под большим влиянием ветров. Они способствуют перемещению водных масс, возбуждая течения, а также перемешиванию морской воды от поверхности до дна.

Некоторые исследователи дали общую характеристику ветров Северного Каспия и указали, что переменные ветры, захватывающие 20-мильную полосу у берега, носят характер бризов. В море преобладают ветры более устойчивых направлений, преимущественно восточного и западного румбов. Ветры в западной части моря очень часто не совпадают с направлением ветров в восточной части моря. Ветровой режим восточной части отличается от ветрового режима западной по направлению ветров и по разнообразию преобладающих направлений.

В табл. 3 приводятся среднегодовые данные о ветровом режиме Северного Каспия.

Таблица 3

Процент повторяемости ветров различных направлений в Северном Каспии (по многолетним данным Чесалина и Горского)

| Направление ветра | Весна          |                 | Лето           |                 | Осень          |                 |
|-------------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
|                   | западная часть | восточная часть | западная часть | восточная часть | западная часть | восточная часть |
| N и NE . . . . .  | 17,73          | 32,1            | 19,2           | 23,9            | 20,5           | 20,7            |
| E и SE . . . . .  | 40,7           | 28,7            | 34,9           | 17,1            | 44,1           | 31,7            |
| S и SW . . . . .  | 16,4           | 11,8            | 21,2           | 19,9            | 12,8           | 14,5            |
| W и NW . . . . .  | 15,1           | 23,7            | 21,2           | 34,8            | 19,8           | 28,9            |
| Штиль . . . . .   | —              | 3,7             | 3,5            | 4,3             | 3,8            | 4,2             |

Если в западном районе обычно преобладают два направления ветров (восточное и западное), то на востоке отмечается смена четырех направлений почти равной повторяемости (табл. 4).

Таблица 4

Средние величины в % повторяемости ветра для восточной части моря с 1935 по 1950 г. (по Г. Н. Зайцеву)

| Направление ветров<br>(четверть) | Г о д ы |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|
|                                  | 1935    | 1936 | 1937 | 1938 | 1939 | 1940 | 1941 | 1942 |
| NE . . . . .                     | 19,8    | 27,0 | 26,5 | 29,8 | 27,0 | 26,3 | 23,8 | 24,1 |
| SE . . . . .                     | 30,7    | 29,8 | 29,3 | 26,6 | 30,4 | 30,9 | 25,5 | 25,4 |
| SW . . . . .                     | 21,8    | 21,6 | 19,2 | 17,3 | 15,1 | 17,8 | 20,4 | 19,8 |
| NW . . . . .                     | 27,7    | 21,6 | 24,9 | 26,4 | 28,6 | 25,0 | 30,2 | 30,3 |

Продолжение

| Направление ветров<br>(четверть) | Г о д ы |      |      |      |      |      |      |      | Среднее |
|----------------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|------|---------|
|                                  | 1943    | 1944 | 1945 | 1946 | 1947 | 1948 | 1949 | 1950 |         |
| NE . . . . .                     | 24,4    | 29,9 | 16,0 | 23,6 | 22,3 | 26,3 | 27,5 | 21,1 | 25      |
| SE . . . . .                     | 22,9    | 23,3 | 17,6 | 22,8 | 21,5 | 24,8 | 24,8 | 22,5 | 25      |
| SW . . . . .                     | 21,1    | 17,2 | 31,1 | 21,0 | 22,2 | 19,8 | 19,8 | 17,8 | 20      |
| NW . . . . .                     | 31,6    | 21,6 | 35,3 | 32,6 | 34,0 | 19,1 | 32,2 | 31,7 | 30      |

Ветровой режим западной части моря с 1935 по 1946 г. излагается на основании сообщений Горского, Чесалина и Боровик. С 1947 по 1953 г. ветровой режим западной части моря обработан Винецкой.

Данные о направлении и силе ветра с 1935 по 1941 г. получены с гидрометеорологических пунктов, находящихся в разных районах моря. С 1946 по 1953 г. сведения о ветрах приводятся по Астрахани.

Анализ многолетнего материала позволяет определить особенности ветрового режима за каждый сезон года и отклонения в различные годы от среднемноголетних норм (табл. 5).

Прошедший период можно разделить на группы лет, которые характеризуются преобладанием ветров различных направлений. Так, преобладание восточных и юго-восточных ветров отмечено в годы 1935—1940, 1948 и 1952 и западных — в годы 1941, 1947, 1949, 1950, 1945 и 1946.

В период осолонения во всех районах Северного Каспия преобладали ветры восточных направлений, за исключением 1938 г. В этом году восточные и юго-восточные ветры периодически сменялись западными и северо-западными ветрами. В период опреснения на востоке и западе отмечалось уменьшение повторяемости ветров восточной четверти и увеличение повторяемости ветров западного направления. Особенно в этом отношении выделяется 1945 г., когда повысился процент повторяемости ветров юго-западной четверти. В 1947 г. повторяемость западных и северо-западных ветров возросла до 51,6%, а восточных — резко упала. 1948 г. характеризовался резким увеличением юго-восточных ветров. В 1949 г. увеличился процент западных и северо-западных и уменьшился процент восточных и юго-восточных ветров. В следующий за периодом опреснения новый период некоторой стабилизации (1949—1950 гг.) и в период постепенного осолонения (1951—1953 гг.)

## Преобладающие ветры в западной части Северного Каспия (в %)

| Направление ветра | Среднегодовое |      |       | 1936 г. |      |       | 1937 г. |       |       | 1938 г. |       |       |
|-------------------|---------------|------|-------|---------|------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
|                   | весна         | лето | осень | весна   | лето | осень | весна   | лето  | осень | весна   | лето  | осень |
| NE . . . . .      | 9,8           | 10,6 | 16,3  | 22,0    | 6,4  | 7,8   | 10      | 12    | 12    | 15,6    | —     | 4,5   |
| E и SE . . . . .  | 40,7          | 34,9 | 44,1  | 45,2    | 41,2 | 46,2  | 42      | 33    | 62    | 20,1    | —     | 16,8  |
| W и NW . . . . .  | 21,8          | 21,2 | 19,8  | 17,1    | 18,8 | 26,7  | 14      | 21    | 11    | 19,1    | —     | 21,8  |
|                   | 1939 г.       |      |       | 1940 г. |      |       | 1945 г. |       |       | 1946 г. |       |       |
| NE . . . . .      | 16,5          | 19,9 | 24,8  | —       | —    | —     | 5,16    | 10,06 | 20,38 | 20,38   | 17,93 | 12,91 |
| E и SE . . . . .  | 33,9          | 30,0 | 44,1  | 57,8    | 47,1 | —     | 17,93   | 12,77 | 34,24 | 34,24   | 27,75 | 30,49 |
| W и NW . . . . .  | 18,0          | 17,8 | 11,8  | —       | —    | —     | 24,65   | 21,19 | 22,76 | 29,36   | 29,37 | 27,74 |
| SW . . . . .      |               |      |       |         |      |       | 23,36   | 20,38 | 9,79  |         |       |       |
|                   | 1947 г.       |      |       | 1948 г. |      |       | 1949 г. |       |       | 1950 г. |       |       |
| NE . . . . .      | 33,0          | 16,1 | 6,4   | 20,0    | 32,2 | 9,6   | 19,3    | 12,9  | 9,6   | 23,3    | —     | 38,7  |
| E и SE . . . . .  | 9,7           | 22,5 | 19,3  | 40,0    | 19,0 | 32,1  | 38,6    | 16,1  | 25,7  | 3,2     | 22,2  | 22,2  |
| W и NW . . . . .  | 22,5          | 22,0 | 51,6  | 26,4    | 19,3 | 22,5  | 29,3    | 41,2  | 29,0  | 46,7    | 32,1  | 13,0  |
|                   | 1951 г.       |      |       | 1952 г. |      |       | 1953 г. |       |       |         |       |       |
| NE . . . . .      | 46,6          | 12,9 | 32,3  | 13,3    | 25,8 | 19,3  | 26,6    | 29,0  | 16,3  |         |       |       |
| E и SE . . . . .  | 23,3          | 48,4 | 3,3   | 30,0    | 42,3 | 38,7  | 19,9    | 35,0  | 19,2  |         |       |       |
| W и NW . . . . .  | 10            | 16,1 | 25,7  | 43,3    | 9,6  | 26,1  | 23,2    | 12,8  | 38,7  |         |       |       |

отмечается уменьшение по сравнению с среднегодовым процентом повторяемости восточных и юго-восточных ветров, за исключением 1951 и 1952 гг. в летний период, и понижение процента повторяемости западных ветров, кроме весны 1950—1952 гг. и осени 1953 г.

## ВЛИЯНИЕ ВЕТРОВ НА СОЛЕННОСТЬ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Ветровой режим оказывает очень большое влияние на распределение солёности в море на поверхности, по вертикали и на сезонные ее колебания.

Анализ влияния ветрового режима на солёность восточной части Северного Каспия подробно изложен Г. Н. Зайцевым [7], влияние ветров на западную часть моря приводится по нашим данным. По Г. Н. Зайцеву, ветры северо-восточной и юго-западной четвертей способствуют установлению умеренного солевого режима в восточной части Северного Каспия. При этом, чем продолжительнее воздействие этих ветров, тем больше солёность восточной части будет приближаться к солёности вод, поступающих с запада в порядке водообмена. Ветры юго-восточной четверти вызывают осолонение восточной части. Величина и устойчивость осолонения зависят от устойчивости и длительности действия ветров. Ветры северо-западной четверти способствуют опреснению



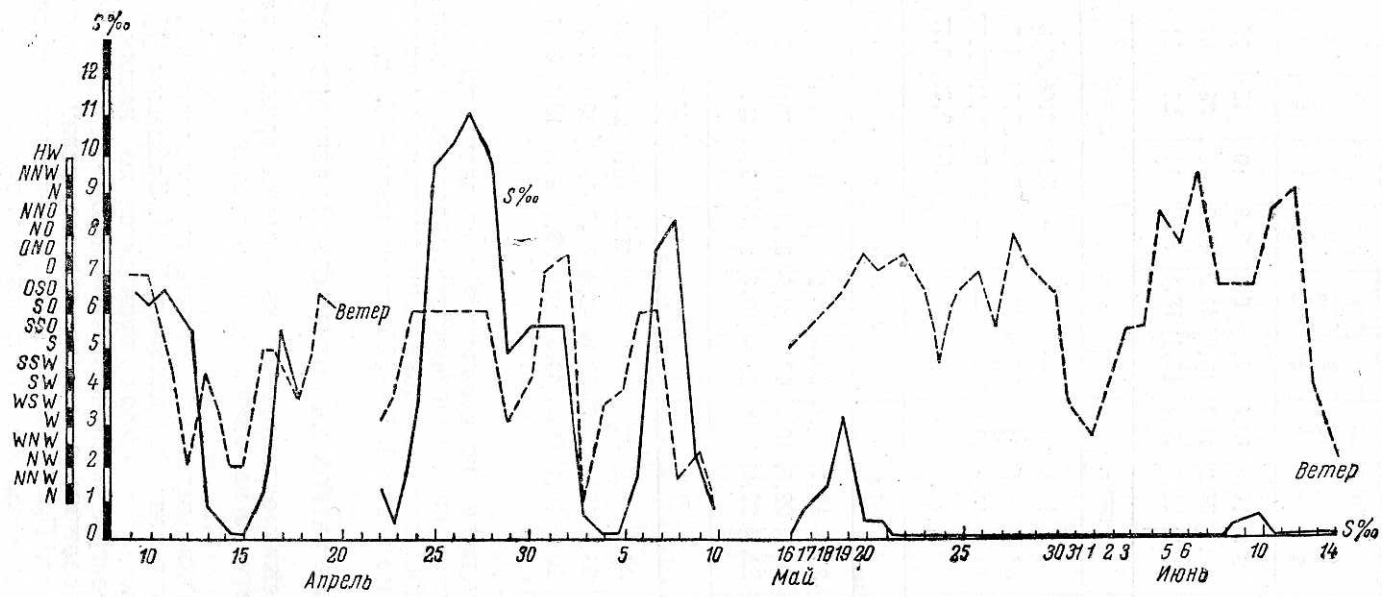


Рис. 3. Среднесуточное изменение солёности и ветра в районе Главного банка.

восточной части Северного Каспия. Величина и устойчивость опреснения зависят не только от длительности и устойчивости северо-западных ветров, но и от величины стока р. Урала. Чем больше уральский сток, тем сильнее опреснение.

Еще большее влияние оказывает направление ветров на соленость западной части Северного Каспия, так как смена направления ветра или изменение его скорости может изменить соленость некоторых, особенно прибрежных, районов очень быстро и в большей степени. Поэтому очень важно знать, каковы преобладающие ветры в этой части моря, какие были отклонения за период исследования, какие ветры способствуют опреснению и какие—осолонению.

В период паводка, когда приток полых вод происходит интенсивно, в зависимости от величины стока и мощности волжских струй влияние ветра на соленость западной части уменьшается. Особенно резко меняется соленость на мелководьях. Приводим данные ежедневных наблюдений солености, которые иллюстрируют зависимость солености воды в одном из районов от направления ветра, по сообщению В. А. Чесалина (рис. 3).

Примером различного изменения солености в западной части Северного Каспия под влиянием ветров могут служить два многоводных года: 1947 и 1948. В 1947 г. сток весеннего паводка был не намного выше паводка 1948 г., но ветры северо-западного и западного направлений способствовали распространению волжских вод в море широким фронтом и вызвали небывалое опреснение на востоке и западе. В 1948 г. увеличилась повторяемость ветров юго-восточной четверти, которые действовали на западе в течение длительного времени. Фронт среднекаспийских вод усиленно продвигался в западную часть моря. В результате соленость западной части Северного Каспия повысилась, тогда как волжский сток должен был вызвать дальнейшее опреснение.

Под действием ветров изменилось и распределение солености в этом районе моря. Волжские воды в основной своей массе проникли в Средний Каспий вдоль западного побережья. Так велико воздействие ветров в многоводные годы. В маловодные годы влияние направления, силы и длительности действующих ветров сказывается во много раз сильнее.

### СОЛЕНОСТЬ СЕВЕРНОГО КАСПИЯ

Вследствие воздействия на Северный Каспий многоводной р. Волги, которая главным образом обеспечивает водное питание Каспийского моря, соленость воды в северной части моря меньше, чем в его средней и южной частях. За период исследования величины солености колебались в больших пределах: от 0,05 в предустьевой зоне до 13‰ в районе, граничащем с Средним Каспием, и до 20‰ в юго-восточном районе вблизи Бузачи и Бурунчука.

В настоящей сводке дается характеристика многолетних и сезонных изменений солености по материалам, собранным судами Промразведки и ВНИРО с 1931 по 1935 г. (свыше 90 тыс. проб), и по литературным данным.

Для характеристики солености восточной части Северного Каспия приняты три разреза: II—Забурунье—о-в Кулалы; III—Забурунье—о-ва Колпинные и IV—о-в Камынин—п-ов Бузачи. Для западной части моря приняты четыре разреза, из них три (VI, VII и VIII), направленные от предустья р. Волги к глубинной зоне моря, и один поперечный (Va) от 220 до 401 квадрата (рис. 4).

Сравнение многолетних материалов производится по средним величинам солености для каждого разреза и района.

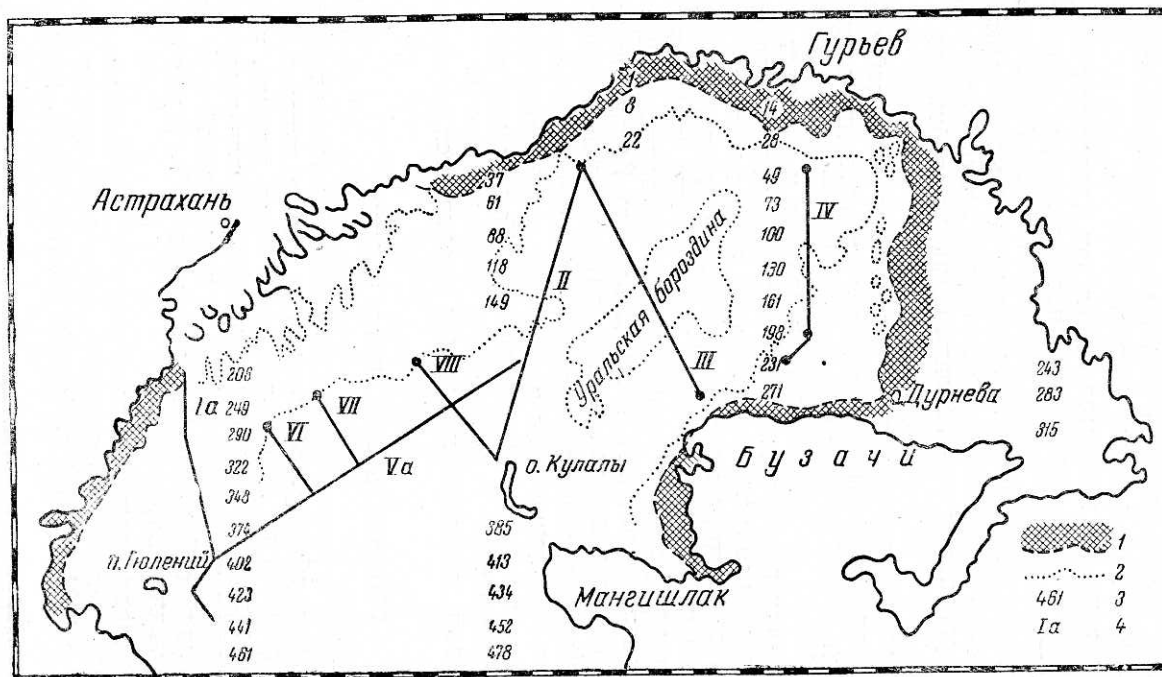


Рис. 4. Схема стандартных гидрологических разрезов в Северном Каспии:  
 1—контур береговой линии после 1941 г.; 2—изобаты; 3—номера квадратов; 4—номера стандартных гидрологических разрезов.

Для того чтобы при вычислении средней солености в разрез включались, по возможности, одни и те же станции, весь материал по солености был заново пересмотрен и пересчитаны все средние величины на разрезах восточной части Северного Каспия. Кроме того, из разрезов исключены прибрежные станции, на которых соленость очень часто меняется, благодаря чему могут быть искажены средние солености для отдельных районов моря.

Для западной части моря средняя соленость вычислена впервые по четырем разрезам в центральном районе этой части моря. Ранее применявшийся для этой цели разрез Четыре Бугра — Чеченский буй нами исключен как нехарактерный для всего западного района. Данные о солености Северного Каспия в 1931—1933 и 1951—1953 гг. приводятся впервые.

#### Многолетние изменения солености Северного Каспия

Рассматривая средние величины солености за последние 23 года по разрезам, районам и средним величинам для всего моря за каждый сезон и за год, мы определили четыре периода в динамике солености от года к году: I период (1931—1933 гг.) — нормальное состояние солености; II период (1934—1940 гг.) — сильное осолонение; III период (1941—1948 гг.) — опреснение и IV период (1949—1953 гг.): 1949 и 1950 — годы относительной стабилизации солености, 1951—1953 гг. — новое осолонение. В табл. 6 приведена средняя соленость Северного Каспия (западной и восточной частей) в мае—июне, августе и октябре.

Для первого периода мы располагаем данными о средней солености восточной части моря за август—сентябрь и октябрь—ноябрь 1931 г. и картами изогалин за июль—август 1933 г. и октябрь—ноябрь 1932 г. (рис. 5). Средняя соленость на востоке в 1931 г. была 5,75‰.

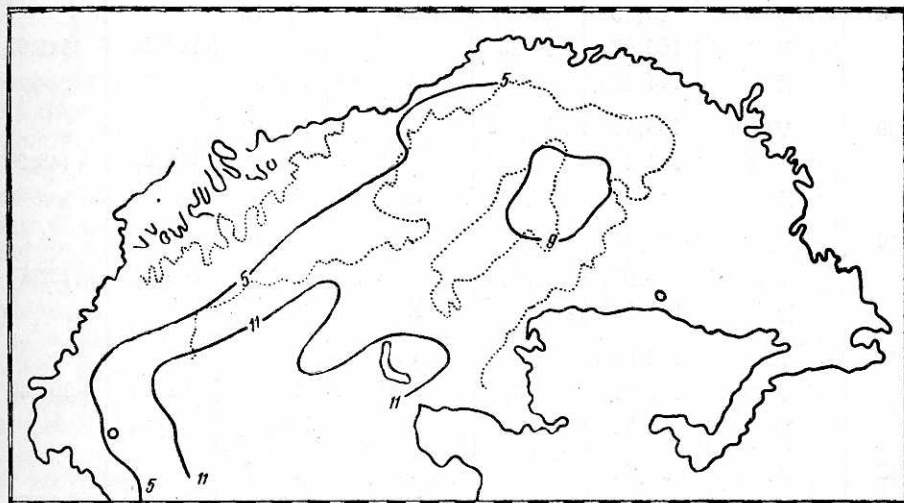


Рис. 5. Распределение солености на поверхности моря в октябре 1932 г. (точками обозначены изобаты, сплошными линиями — изогалины).

Ранее предполагали, что соленость в 1934 г. характеризует период до осолонения, но анализ многолетнего материала показал, что соленость на всех разрезах в 1934 г. была уже повышенной (8,56‰), тогда как в 1931 г. она была гораздо ниже (5,75‰).

Водный сток в 1930 г. значительно понижен, но в предшествующие годы (1926—1929) р. Волга сбрасывала в море 300 км<sup>3</sup> воды и более. Это не могло не оказать влияния на соленость в последующие 2 года, и, хотя в 1931 г. водный сток р. Волги составлял всего 237 км<sup>3</sup>, величина

Таблица 6

**Средняя соленость (S) в восточной и западной частях Северного Каспия  
(в % к среднемноголетней)**

| Год  | Месяц    | Средняя соленость восточной части | Средняя соленость за год восточной части | Месяц | Средняя соленость западной части | Средняя соленость за год западной части | Среднегодовая соленость всего Северного Каспия |
|------|----------|-----------------------------------|------------------------------------------|-------|----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1931 | VIII—IX  | 64,96                             | 69,95                                    |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X—XI     | 72,82                             |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1934 | VI       | 107,78                            | 105,49                                   | VIII  | 100,12                           | 101,18                                  | 102,62                                         |
|      | VIII     | 107,90                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X—XI     | 101,09                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1935 | V—VI     | 117,03                            | 101,82                                   | V—VI  | 118,91                           | 118,09                                  | 109,42                                         |
|      | VIII     | 81,99                             |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | IX—X     | 106,44                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1936 | VI       | 124,45                            | 117,76                                   | VI    | 52,48                            | 90,42                                   | 103,22                                         |
|      | VIII     | 115,82                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 114,59                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1937 | V        | 128,47                            | 120,80                                   | V     | 107,21                           | 117,61                                  | 118,37                                         |
|      | VII—VIII | 120,80                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 113,02                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1938 | VI       | 140,39                            | 145,25                                   | VI    | 134,16                           | 140,54                                  | 141,97                                         |
|      | VIII     | 150,97                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 144,40                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1939 | VI       | 155,11                            | 151,58                                   | VI    | 140,89                           | 148,23                                  | 148,99                                         |
|      | VIII     | 144,40                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 155,35                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1940 | VI       | 161,80                            | 158,03                                   | VI    | 83,09                            | 109,81                                  | 132,78                                         |
|      | VIII     | 150,97                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 161,19                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1941 | VI       | 142,09                            | 120,61                                   | VI    | 96,80                            | 92,55                                   | 105,40                                         |
|      | VIII     | 104,61                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 115,34                            |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1943 | VI       | 98,66                             | 84,55                                    | VI    | 90,07                            | 99,88                                   | 91,78                                          |
|      | VIII     | 71,65                             |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1944 |          |                                   |                                          | VI    | 24,94                            | 73,40                                   |                                                |
|      |          |                                   |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1945 | VI       | 80,54                             | 80,54                                    | VI    | 93,62                            | 88,65                                   | 84,15                                          |
|      |          |                                   |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
| 1946 | VIII     | 76,64                             | 76,64                                    | VIII  | 114,30                           | 114,30                                  | 95,11                                          |
| 1947 | VI       | 54,64                             | 49,51                                    | VI    | 49,88                            | 69,15                                   | 59,12                                          |
|      | VIII     | 41,35                             |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      | X        | 52,68                             |                                          |       |                                  |                                         |                                                |
|      |          |                                   |                                          | X     | 89,48                            |                                         |                                                |

| Год  | Месяц    | Средняя<br>солёность<br>восточной<br>части | Средняя<br>солёность<br>за год<br>восточной<br>части | Месяц    | Средняя<br>солёность<br>западной<br>части | Средняя<br>солёность<br>за год<br>западной<br>части | Среднегодовая<br>солёность<br>всего<br>Северного<br>Каспия |
|------|----------|--------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1948 | VI       | 68,49                                      | 63,62                                                | VI       | 86,17                                     | 77,66                                               | 70,32                                                      |
|      | VIII     | 67,52                                      |                                                      | VIII     | 64,89                                     |                                                     |                                                            |
|      | X        | 54,74                                      |                                                      | X        | 81,80                                     |                                                     |                                                            |
| 1949 | VI       | 67,27                                      | 65,82                                                | VI       | 88,06                                     | 87,94                                               | 76,52                                                      |
|      | VIII     | 64,36                                      |                                                      | VIII     | 87,93                                     |                                                     |                                                            |
|      | X        | 54,74                                      |                                                      | X        | 81,80                                     |                                                     |                                                            |
| 1950 | VI       | 83,20                                      | 77,74                                                | VI       | 62,65                                     | 90,90                                               | 83,91                                                      |
|      | VIII     | 71,53                                      |                                                      | VIII     | 91,49                                     |                                                     |                                                            |
|      | X        | 54,74                                      |                                                      | X        | 111,46                                    |                                                     |                                                            |
| 1951 | VI       | 81,75                                      | 80,90                                                | VI       | 103,43                                    | 113,59                                              | 96,90                                                      |
|      | VII—VIII | 77,98                                      |                                                      | VII—VIII | 122,46                                    |                                                     |                                                            |
|      | X        | 82,91                                      |                                                      | X        | 114,89                                    |                                                     |                                                            |
| 1952 | VI       | 91,73                                      | 90,24                                                | VI       | 80,26                                     | 88,65                                               | 89,39                                                      |
|      | VIII     | 87,96                                      |                                                      | VIII     | 87,35                                     |                                                     |                                                            |
|      | X        | 93,92                                      |                                                      | X        | 98,34                                     |                                                     |                                                            |
| 1953 | VI       | 109,00                                     | 106,69                                               | VI       | 49,53                                     | 77,19                                               | 91,18                                                      |
|      | VIII     | 105,96                                     |                                                      | VIII     | 92,20                                     |                                                     |                                                            |
|      | X        | 103,77                                     |                                                      | X        | 89,72                                     |                                                     |                                                            |

солёности на востоке еще находилась на среднем уровне. Дальнейший период низких стоков р. Волги создал условия для увеличения солёности во всех районах Северного Каспия.

Из сравнения данных по солёности за 7 лет (1934—1940 гг.) видно, что она повышалась с каждым годом. Уровень Каспийского моря за эти годы упал на 1,5 м. Таким образом, падение уровня в среднем составляло 21,5 см в год. Что же обусловило такое резкое падение уровня моря? Причины, определяющие уровень воды в Каспийском море: приток речных вод, испарение, осадки. Из этих элементов прихода и расхода в водном балансе наибольшим колебаниям, как указывает В. Д. Зайков [5], подвержен речной сток, который в этот последний период колебался в пределах от 210 до 161 км<sup>3</sup> и в среднем был ниже многолетнего на 131 км<sup>3</sup>. Температура воздуха за этот период также была выше среднеемноголетней, а преобладающие в восточной части моря юго-восточные сухие пустынные ветры способствовали повышенному испарению [7].

В этот же период еще один важный фактор оказывал влияние на солёность восточных районов моря. Увеличение солёности в восточной части Северного Каспия происходило не только за счет дефицита пресных вод и повышенного испарения, но и вследствие нагона вод из залива Мертвый Култук, которые имели очень высокую солёность (40‰ и выше). Осолоняющее влияние Мертвого Култука на восточные районы Северного Каспия было отмечено Н. П. Танасийчуком [11] и Н. Н. Спаским [10].

Уменьшение величины волжского стока сказалось и на западной части моря. Ослабление притока речных вод благоприятствовало поступлению морских среднекаспийских вод в северную часть Каспий-

ского моря. Данные средней солености на разрезах западной части Северного Каспия и карты изогалин за эти годы иллюстрируют это явление достаточно ясно. Поэтому для западного района Северного Каспия отмечается такое же направление в ходе изменений солености, как и для восточного, с некоторыми отклонениями, а именно: 1) соленость в этом районе не превышает солености среднекаспийской воды благодаря постоянному водообмену между этими частями моря; 2) максимум осолонения был достигнут в 1939 г., когда средняя соленость повысилась до 12,54‰; 3) снижение среднегодовых величин солености началось в 1940 г. несмотря на то, что водный сток р. Волги в этом году увеличился не намного.

Это явление объясняется характером паводка 1940 г., его продолжительностью, довольно высоким максимальным уровнем и медленным подъемом и спадом, а также восточными ветрами, благодаря чему пресные воды распределялись на западе и почти не проникали на восток.

Таким образом, в то время, когда на востоке еще продолжалось осолонение, на западе период осолонения окончился и началось опреснение. В 1940 г. средняя годовая соленость в западной части моря снизилась на 2,25‰ и была равна 9,29‰. В это же время средняя годовая соленость в восточной части достигла своего максимального значения (12,99‰). Пресные волжские воды поступали в этот район моря в небольшом количестве, а сток р. Урала с 1935 по 1940 г. был очень низким (3—4,4 км<sup>3</sup>).

После ряда лет с низкими паводками на реках Волге и Урале в 1941 г. речной сток в Каспийское море резко увеличился. Сток р. Волги в 1941 г. был 259 км<sup>3</sup>, сток р. Урала—24,9 км<sup>3</sup>. Всего в северную часть Каспийского моря поступило 283,9 км<sup>3</sup> пресной воды. Такое значительное увеличение прихода в водном балансе Северного Каспия не могло не отразиться на солености водной толщи моря.

Если на западе понижение солености наблюдалось в 1940 г., то на востоке перелом произошел в 1941 г. Средняя соленость в восточной части Северного Каспия в 1941 г. упала с 12,99 до 9,92‰, т. е. на 3,07‰, а в западной—с 9,29 до 7,83‰ (см. рис. 5 и табл. 7).

Волжские и уральские воды опреснили осолоненные районы восточной части моря настолько, что даже осенью на разрезе о-в Камынин—п-ов Бузачи соленость была 9,18‰.

Кроме того, резкое падение уровня моря с 1930 по 1940 г. привело к резкому сокращению зеркала воды в Северном Каспии и в 1941 г., по наблюдениям Б. И. Бадамшина и И. А. Черноскуткова [1], произошло отшнурование залива Мертвый Култук от восточного района Северного Каспия. Поэтому осолоняющее влияние этого залива при юго-восточных ветрах в районе Бурунчука, Бузачи и о. Дурнева прекратилось. В 1942 г. сток р. Волги еще более увеличился (до 277 км<sup>3</sup>), сток р. Урала был также высоким. В результате повышения дебита рек Волги и Урала в 1941—1942 гг. уровень Каспийского моря в 1943 г. увеличился на 11,5 см и соленость в восточной части моря еще более снизилась.

Во втором периоде—периоде опреснения Северного Каспия—надо различать три фазы: первая фаза—увеличение стока в 1941 и 1942 гг. после 7 лет, характеризующихся стоком меньше 200 км<sup>3</sup>, привело к повышению уровня моря до 154,7 см, т. е. на 11,5 см, и понижению солености в северной его части; вторая фаза—новое уменьшение волжского стока в 1943—1945 гг., приведшее к новому падению уровня Каспийского моря до 134 см. Тем не менее, соленость на востоке продолжала с каждым годом уменьшаться вследствие того, что сток р. Урала в 1943 г. был несколько увеличен (6,8 км<sup>3</sup>), а в 1945 г. преобладали ветры, способствующие продвижению волжских вод на восток; третья

фаза — новое еще большее увеличение стока рек Волги и Урала в 1946—1948 гг., повышение уровня моря до 157 см и снижение солёности на востоке и западе до 4,96—5,85‰. Максимальное опреснение наступило в 1947 г., когда солёность снизилась до величин, не наблюдавшихся в Северном Каспии за период исследования. В августе в восточной части моря солёность была равной 3,40‰.

В этой последней фазе нами отмечены некоторые особенности. В 1946 г. в западном районе, несмотря на увеличение стока, солёность увеличилась. Попытаемся вскрыть причины этого явления.

Первая причина, которая могла повлиять на солёность западной части моря, — это особенности паводка 1946 г. Но паводок 1946 г. был средним по началу подъема и окончания, продолжительность его была немного ниже средней многолетней и только дата максимума оказалась поздней, но это не могло повлиять на увеличение солёности в августе. Следовательно, влияние особенностей паводка исключается. Главная причина заключалась в том, что в навигационный период 1946 г. в западном районе преобладали ветры восточных направлений, составившие 45,7% от общего количества ветров. Постоянство действующих ветров привело к мощному поступлению среднекаспийских вод в северную часть моря, несмотря на увеличенный сток в период паводка.

В 1948 г. сток рек Волги и Урала был выше среднемноголетнего, но солёность в западной и восточной частях моря несколько увеличилась по сравнению с 1947 г. Причина этого заключается в различном ветровом режиме 1947 и 1948 гг. Если в 1947 г. преобладали ветры северо-западных направлений, то в 1948 г. — ветры юго-восточных направлений. Поэтому западная часть Северного Каспия в 1948 г. находилась под большим влиянием северокаспийских вод. Юго-восточные ветры препятствовали глубокому проникновению волжских вод на восток. Поэтому опресняющее влияние р. Волги было ограниченным. Воды р. Урала не могут в такой же степени, как и волжские, опреснить восточную часть моря, так как мощность струй этой реки во много раз слабее.

Средний сток р. Волги за период опреснения составлял 272 км<sup>3</sup>, средний уровень Каспия — 150,3 см. Максимальный уровень моря, наблюдавшийся в 1948 г., составлял 171 см. Минимальная солёность в 1947 г. была 4,07‰.

После 1948 г. вновь произошло уменьшение величины волжского стока и в течение последних 5 лет он был ниже 250 км<sup>3</sup>. Сток р. Волги за этот период колебался в пределах 223—235 км<sup>3</sup> в среднем. Уральский сток в этот период несколько увеличился; годовое поступление воды из р. Урала составило 4,7—10 км<sup>3</sup>. Уровень Каспия снова очень быстро начал падать и в 1953 г. снизился до 110 см выше нуля Бакинского футштока.

Несмотря на повышенный сток р. Урала, солёность в восточной части моря постепенно увеличивается и в 1953 г. достигает 8,77‰. Это обстоятельство еще раз доказывает, что в солевом режиме восточной части Северного Каспия большее значение имеют волжские воды по сравнению с уральскими. Режим ветров за этот период (см. табл. 5, 6) характеризовался преобладанием северо-восточных и юго-восточных ветров, вследствие чего волжские воды почти не проникали на восток (особенно в 1951—1953 гг.), а распределялись в западной части моря (кроме 1950 г.). Поэтому в западном районе средняя солёность, повысившаяся до 9,09‰ в 1951 г., снова начала уменьшаться и в 1953 г. была 6,53‰.

Уменьшение в течение последних 5 лет стока р. Волги вызвало резкое падение уровня Каспия, но увеличение солёности происходит не так интенсивно, как в период 1934—1940 гг. Это явление объясняется тем, что в связи с падением уровня объемы и площади моря значительно



сократились и поэтому для поддержания солености на определенном уровне достаточно, чтобы в море поступало меньшее количество пресной воды; 230—240 км<sup>3</sup> воды обеспечивают стабильные величины солености или небольшое ее повышение. При дальнейшем уменьшении волжский сток уже не сможет обеспечить водой северную часть моря, особенно его восточную часть, а поэтому соленость должна будет повышаться и притом довольно интенсивно.

Высказанное К. И. Ивановым [9] предположение, что в будущем вследствие изменения берегов Северного Каспия и перемещения дельты р. Волги на юг в восточную часть моря будут поступать пресные волжские воды, вызывает некоторое сомнение, так как по многолетним наблюдениям известно, что в район Уральской бороздины обычно поступает вода из Среднего Каспия. Интенсивность поступления ее зависит от стока р. Волги и действующих ветров. Об этом свидетельствуют и карты изогалин за все годы.

Весь изложенный материал позволяет заключить, что многолетние колебания солености и в восточной, и в западной части Северного Каспия определяются главным образом величиной водного стока р. Волги. Река Урал оказывает гораздо меньшее воздействие на соленость Северного Каспия даже в его восточной части. Вычисленный нами коэффициент корреляции между среднегодовой соленостью вод в западной части Северного Каспия и годовым стоком р. Волги показывает зависимость между ними:

$$r = 0,94; m_2 = \pm 0,267; \frac{r}{m_2} > 3,5.$$

Корреляционные графики взаимосвязи солености со стоком рек Волги и Урала, составленные для восточной части моря, указывают на большую зависимость солености восточной части от стока р. Волги (рис. 6).

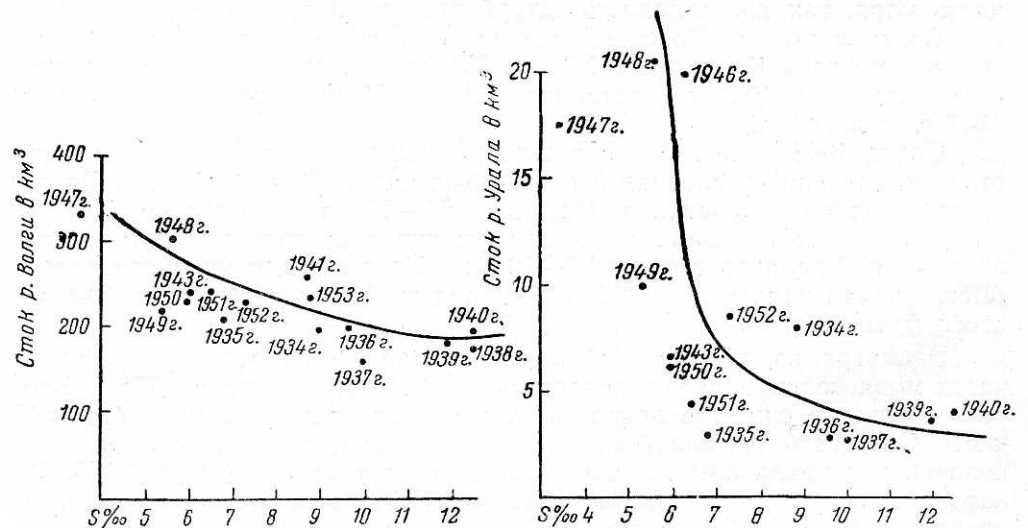


Рис. 6. Сток рек Волги и Урала и соленость восточной части Северного Каспия в августе (корреляционный график).

#### Сезонные колебания солености в Северном Каспии

Соленость вод Северного Каспия в течение года подвержена значительным колебаниям. В восточной и западной частях моря эти изменения зависят от величины стока рек Волги и Урала, от преобладающих ветров и величины испарения.

На картах изогалин дано распределение солености в разные сезоны года. В результате анализа имеющихся данных оказалось, что волжские воды распространяются на восток к августу и поэтому обычно в этом месяце мы наблюдали в восточном районе понижение солености. При этом, если сток р. Волги пониженный, то при восточных ветрах волжские воды почти не оказывают влияния на соленость воды двух крайних восточных разрезов. Ветер северо-западного направления способствует проникновению волжских вод на восток, и тогда, даже при малом стоке р. Волги, в этой части моря происходит опреснение.

При преобладании юго-восточных ветров в районе Бузачи в 1936—1940 гг. в августе отмечалось сильное осолонение до 20‰ вследствие повышенного испарения и притока соленых вод из залива Мертвый Култук (карта изогалин за 1940 г. изображена на рис. 7). Сезон-

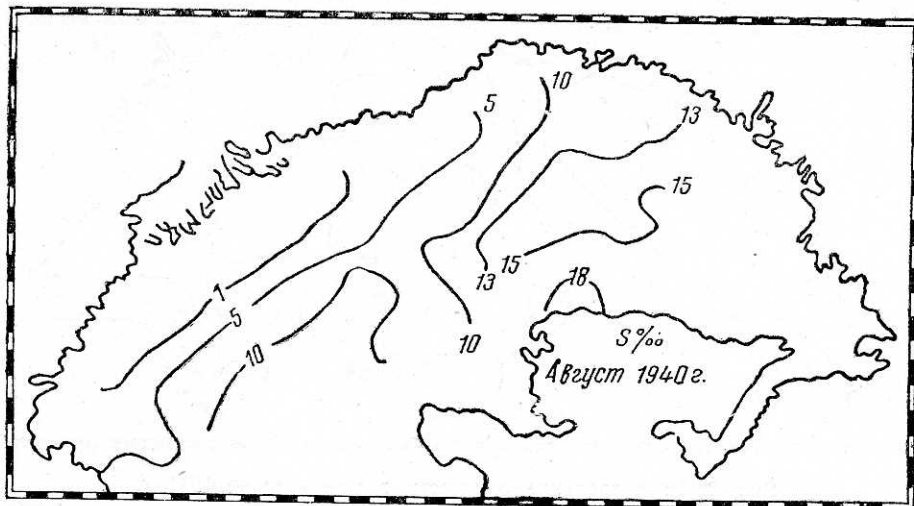


Рис. 7. Распределение солености в августе 1940 г.

ное осолонение восточной части моря происходит также вследствие поступления среднекаспийских вод в этот район моря и оттока более пресных вод в западную его часть и Средний Каспий. Еще Н. Н. Горский в 1936 г. высказывал предположение, что, кроме уменьшения речного стока и повышенного испарения, на увеличение солености оказывает влияние водообмен с среднекаспийскими водами. На разрезе Забурунье — о-в Кулалы, более подверженном влиянию р. Волги, изменения солености всегда имели определенный характер, а именно: соленость понижалась в августе и повышалась в октябре, за исключением 1937 и 1945 гг.

В период сильного осолонения (1936—1940 гг.) на крайнем восточном разрезе о-в Камынин — п-ов Бузачи наблюдалось повышение солености в августе по сравнению с июнем (1937 г. является исключением) и понижение в октябре, что обуславливалось изменением ветрового режима. Разрез, проходящий через Уральскую бороздину, находился под влиянием опреснения (речной сток) и осолонения (среднекаспийские воды и в прошлом Мертвый Култук) и в зависимости от того, какой из этих двух факторов преобладал, характер сезонных колебаний на этом разрезе изменялся. В данном случае очень большую роль играл ветровой режим.

В многоводные годы или же при ветрах северо-западных направлений соленость на всех трех разрезах в июле и августе понижается, а к октябрю повышается. Примером такого рода колебаний являются

1947, 1941 и 1935 гг. Распределение солености по сезонам в эти годы обусловлено речным стоком и действием ветров.

Уральский сток, когда он равен 3—4 км<sup>3</sup>, оказывает влияние только на прибрежную зону вблизи устья реки и в сезонных колебаниях солености почти никакой роли не играет.

Когда же сток р. Урала повышается до 20—25 км<sup>3</sup>, тогда соленость восточной части моря находится под значительным воздействием уральских вод, особенно северные станции разреза о-в Камынин — п-ов Бузачи и восточное побережье (рис. 8). Вследствие воздействия на соленость многих факторов сезонные колебания солености в этом районе четкой закономерности не имеют. В западном районе сезонные ко-

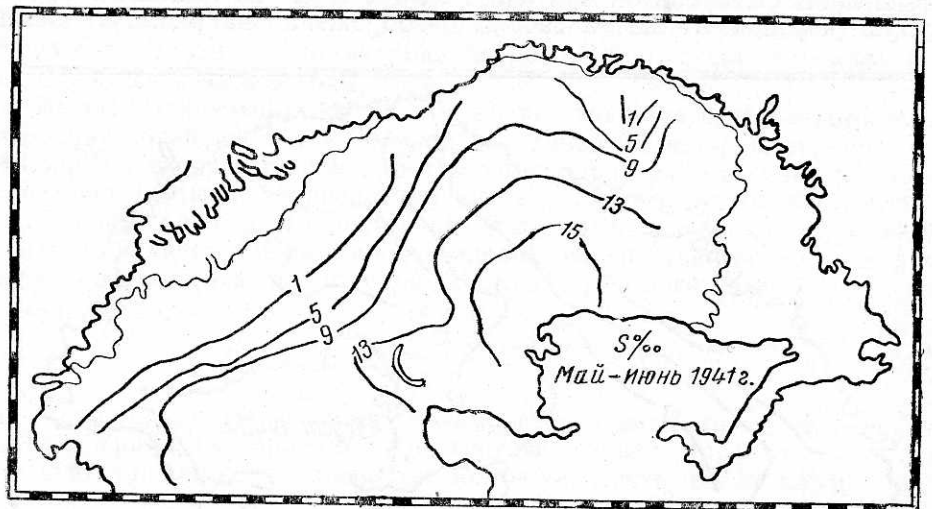


Рис. 8. Распределение солености в мае и июне 1941 г.

лебания солености имеют иной характер вследствие близости р. Волги и Среднего Каспия. В период паводка (в июне—июле) соленость здесь всегда ниже, чем в последующий период года. Эти закономерности обнаруживаются в равной степени и в мало- и многоводные годы, но и здесь наблюдаются отклонения, которые определяются циркуляцией водных масс, вызываемой ветрами, и продолжительностью паводка р. Волги. Таковы годы 1935, 1938, 1941.

На изменения солености в течение года оказывает влияние ход годового уровня р. Волги. Обычно после спада паводковых вод уровень р. Волги падает (ниже нулевой отметки по астраханской рейке), но за период наблюдений годы 1935, 1950 и 1953 сильно отличались от остальных лет повышением уровня после спада полых вод и осенью. Эти изменения в ходе годового уровня вызвали отклонение и в колебаниях солености в течение года [3].

#### Распределение солености в поверхностных слоях воды

Распределение солености в поверхностных слоях воды Северного Каспия зависит от величины волжского стока и от ветрового режима в районах моря.

В годы низких паводков р. Волги и преобладания юго-восточных ветров пресные волжские воды проходят вдоль западного побережья (1949 г., рис. 9), то же наблюдается и в период до и после паводка, если уровень р. Волги имеет обычный ход.

В годы максимального стока р. Волги пресные воды распространяются очень широко по всему западному району и проникают на восток

(см. рис. 7). Глубина проникновения в восточные районы и в глубинную зону западной части зависит как от мощности речных струй, так и от преобладающих ветров. Результат взаимодействия этих сил определяется мощностью речного потока, также силой и длительностью действия ветров определенного направления.

В многоводные годы в период паводка, для того чтобы изменить границу опресненной зоны, необходимо длительное воздействие ветров определенного направления и при этом средней силы или сильных.

В период межени и в годы низких паводков опреснение предустьевой зоны, а также других участков может очень быстро смениться на осолонение (см. рис. 4). Слабый напор волжских пресных вод не может оказать должного сопротивления и поэтому режим солености в этом районе оказывается неустойчивым.

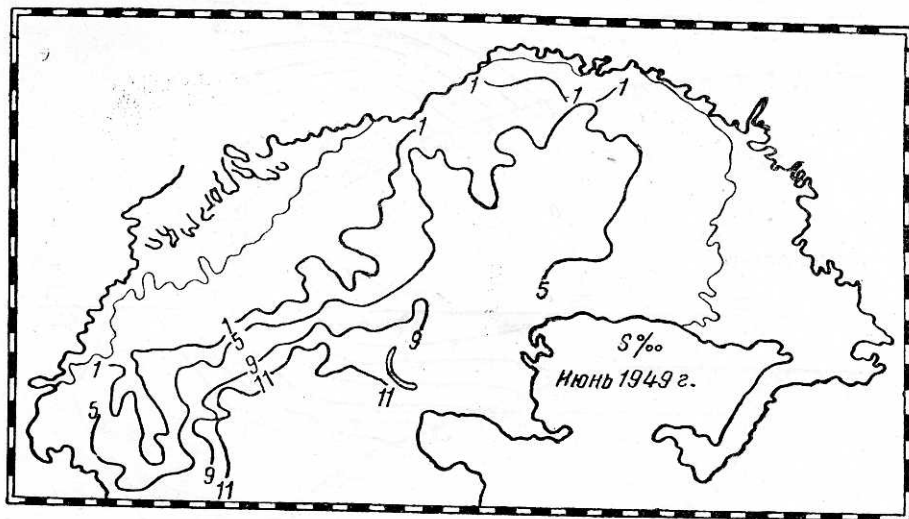


Рис. 9. Распределение солености в июне 1949 г.

Расположение изогалин в восточной части Северного Каспия меняется в зависимости от напора пресных вод р. Волги или р. Урала (в многоводные годы) и от направления преобладающих ветров. Так, в годы 1936—1940 центр осолонения был у юго-восточного побережья в районе Бурунчука, Бузачи и о-ва Дурнев (см. рис. 11). В период нормального состояния солености (1932—1933 гг.) и после начала опреснения в 1941 г. центр осолонения был в районе Уральской бороздины (см. рис. 6, 8).

Действие ветров на соленость восточной части Северного Каспия подробно изложено в работе Г. Н. Зайцева [7]. Он указывает на опресняющее действие северо-западных ветров и осолоняющее—восточных.

Уральские воды в зависимости от действия ветра движутся в различных направлениях: на запад, на восток и в центральную зону. В соответствии с этим меняется и расположение изогалин в многоводные годы (см. рис. 12).

### Вертикальное распределение солености

Вертикальная стратификация солености вызывается главным образом встречными течениями пресных и соленых (морских) вод под влиянием речного стока и действующих ветров и поэтому не является стойким состоянием, а имеет временный характер и зависит в основном от глубин, ветра и потока пресной воды. Она быстро устраняется в ре-

зультате циркуляции водных масс, вызванной ветрами. Кроме того, места, где обнаруживается вертикальная стратификация, тоже непостоянны. Это обуславливается изменениями в распределении речного стока и его величиной. Чем мощнее струя пресных вод, распространяющихся на поверхности, тем больший район охвачен вертикальной стратификацией и тем более устойчиво держится она в течение определенного периода времени.

Различия в распределении солености по вертикали обычно обнаруживаются в наиболее подверженной влиянию речного стока западной

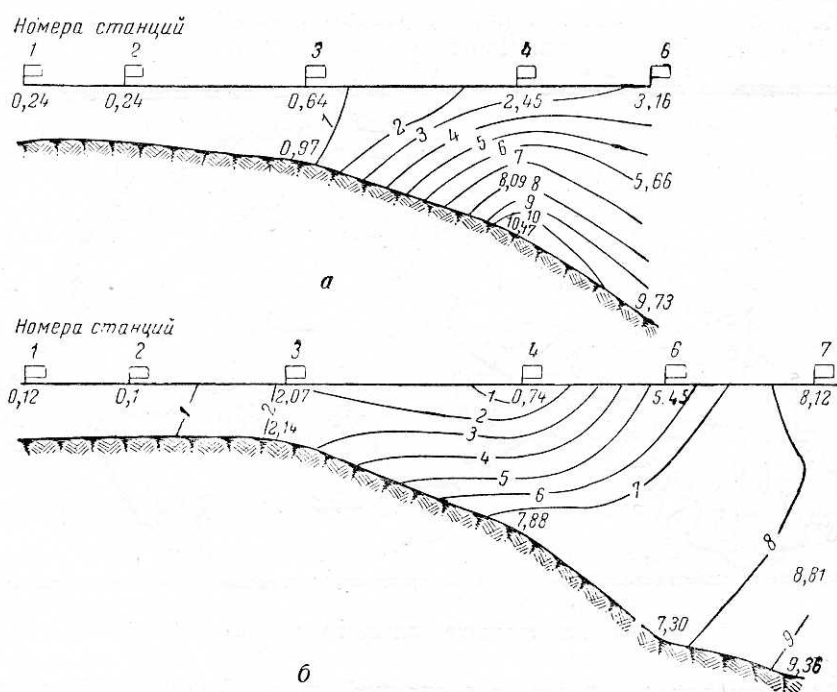


Рис. 10. Вертикальное распределение солености в западной части Северного Каспия в 1940 г. (разрез Четыре бугра — Чеченский буй):  
а — с 17 по 22 мая; б — с 11 по 16 августа.

части Северного Каспия, в районе перехода от малых глубин преддутья к глубководной зоне (так называемых свалов) и вблизи западного побережья, где проходит основная струя волжских вод. В большой степени вертикальная стратификация усиливается во время притока паводковых вод р. Волги. Наиболее резкие различия в поверхностной и придонной солености наблюдаются в период паводка при увеличенном стоке р. Волги и в меньшей степени — в годы с пониженным ее стоком. При перемещении водных масс под влиянием сгонных и нагонных ветров также устанавливается вертикальная стратификация солености.

В восточной части Северного Каспия вертикальная стратификация очень незначительна в Уральской бороздине и совсем не наблюдается в остальных районах, что объясняется отсутствием мощного речного стока, удаленностью от Среднего Каспия, большой мелководностью и интенсивным перемешиванием воды ветрами различных направлений (рис. 10 и 11). При наличии илистых грунтов районы, где создается вертикальная стратификация солености, бывают очень неблагоприятны в отношении кислородного режима в придонных слоях воды.

Впервые дефицит кислорода у дна в районе свалов наблюдал К. И. Иванов [8] в 1936 г. Такие же явления были обнаружены нами в 1947 г. На разрезах в западной части Северного Каспия на некоторых станциях содержание кислорода у дна снижалось до 25% насыщения. То же наблюдалось на крайнем западном разрезе Четыре бупра — Чеченский буй в квадратах 401 и 440 в годы 1941, 1946, 1948, 1949 и 1951. В августе 1946 г. в юго-западном районе (квадрат 401) в придонном слое воды кислород совершенно отсутствовал. В 1948 г.

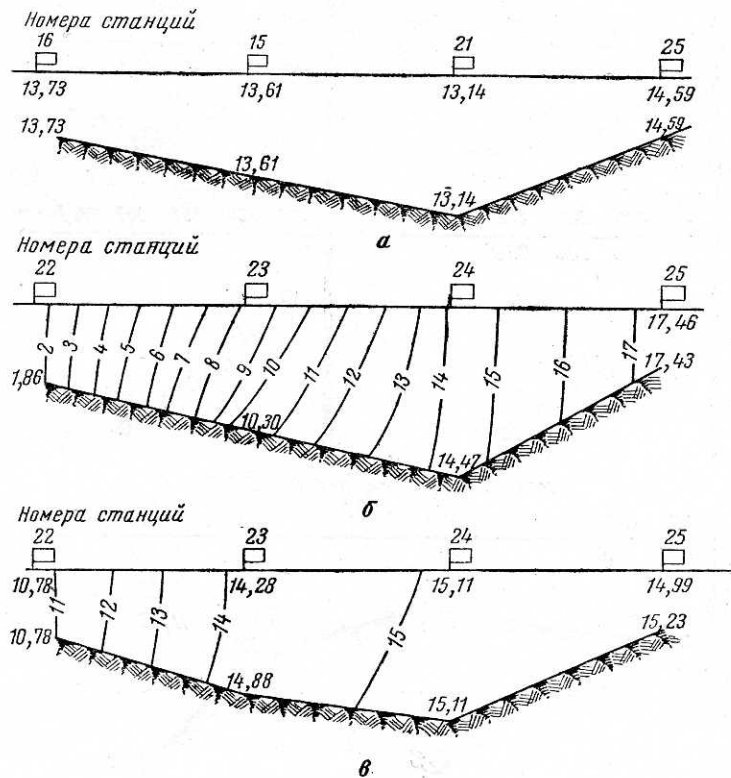


Рис. 11. Вертикальное распределение солености в восточной части Северного Каспия в 1940 г. (разрез Забурунье—о-ва Колпинные):

а—с 28 мая по 7 июня; б—с 22 по 23 августа; в—с 3 по 4 ноября.

Я. А. Бирштейном и Л. А. Барсуковой в районе о-ва Тюлений была обнаружена застойная зона с большими вертикальными градиентами солености, температуры и кислорода.

На рис. 12 и в табл. 7 приведены данные о вертикальной стратификации солености, температуры и кислорода в 1947 и 1953 гг.

На глубоководном разрезе о-в Чечень—п-ов Мангышлак, расположенном на границе Среднего и Северного Каспия, вертикальное распределение солености изучалось в 1939 г. А. А. Чесалиным. Он приводит график вертикальных градиентов солености в мае и июле—августе (рис. 13). На основании анализа полученных данных он приходит к выводу, что в мае пресные волжские воды обнаруживаются только в западной части разреза, и объясняет это явление характером распределения волжских вод в море, «которые в это время в основном идут западным берегом и распресняют поверхностный слой воды, понижая его соленость». Остальная часть разреза характеризуется «абсолютным однообразием солености, превышающей соленость западной части разреза».

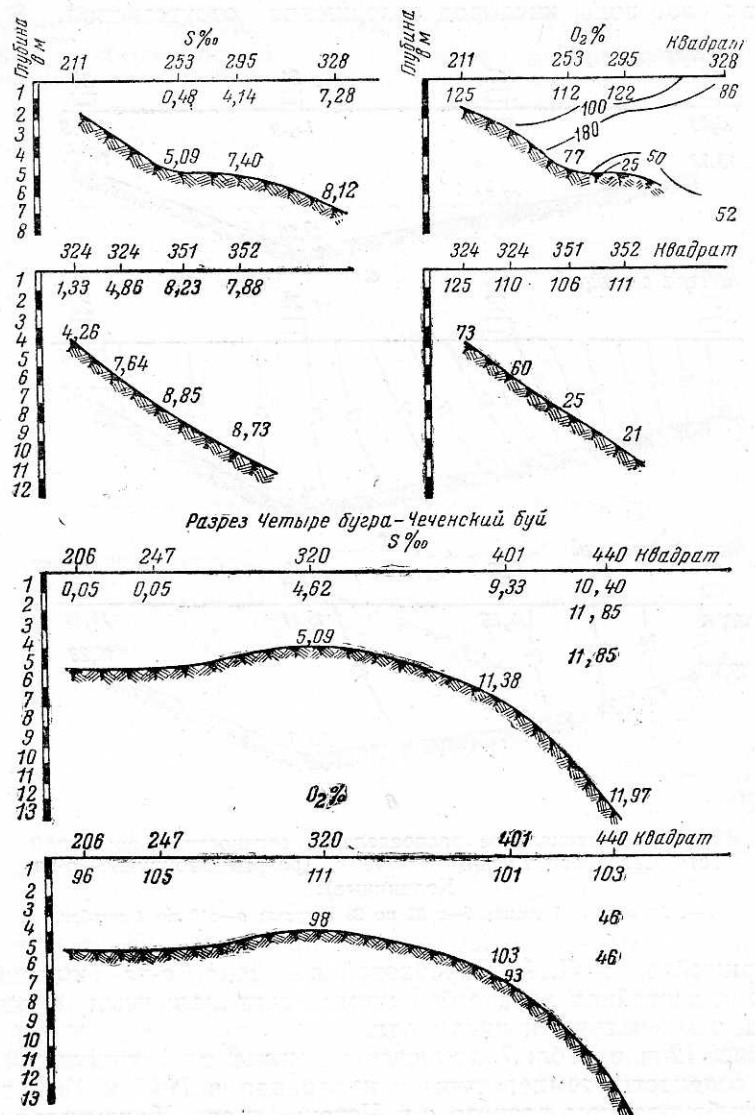


Рис. 12. Вертикальное распределение солености и кислорода в западной части Северного Каспия в августе 1947 г.

Таблица 7

Вертикальное распределение солености в западном районе  
Северного Каспия в 1953 г.

| Разрез | Июль         |            |                |          |       |                 |    | Август     |            |                |          |       |                 |     |
|--------|--------------|------------|----------------|----------|-------|-----------------|----|------------|------------|----------------|----------|-------|-----------------|-----|
|        | дата         | квадрат    | глубина<br>в м | горизонт | S‰    | O <sub>2</sub>  |    | дата       | квадрат    | глубина<br>в м | горизонт | S‰    | O <sub>2</sub>  |     |
|        |              |            |                |          |       | см <sup>3</sup> | %  |            |            |                |          |       | см <sup>3</sup> | %   |
| VI     | 18           | 324a       | 3,8            | 0        | 1,48  | 5,29            | 90 | 18         | 324        | 4,1            | 0        | 2,21  | 6,36            | 133 |
|        |              |            |                | 3,3      | 1,48  | 5,22            | 87 |            |            |                | 3,6      | 7,97  | 4,16            | 72  |
|        | 18           | 324<br>325 | 4,2            | 0        | 3,07  | 4,99            | 85 | 18         | 324<br>325 | 4,5            | 0        | 3,43  | 7,08            | 122 |
|        |              |            |                | 3,7      | 6,26  | 4,22            | 72 |            |            |                | 4        | 8,21  | 4,89            | 85  |
| VII    | 17           | 351        | 8,0            | 0        | 7,00  | 5,25            | 92 | 18         | 351г       | 8,2            | 0        | 8,95  | 5,63            | 100 |
|        |              |            |                | 7,51     | 10,04 | 0,0             | 0  |            |            |                | 7,7      | 9,31  | 4,89            | 85  |
| VIII   | 18           | 253г       | 3,8            | 0        | 1,83  | 5,12            | 88 | 19         | 253        | 4,3            | 0        | 4,66  | 5,63            | 98  |
|        |              |            |                | 3,3      | 1,83  | 4,86            | 82 |            |            |                | 3,8      | 4,66  | 3,18            | 57  |
|        | 18           | 295        | 5,2            | 0        | 5,16  | 5,50            | 97 | 19         | 295        | 4,1            | 0        | 7,59  | 5,87            | 102 |
|        |              |            |                | 4,7      | 7,38  | 3,94            | 69 |            |            |                | 3,6      | 7,59  | 3,67            | 64  |
| IX     | 18           | 328        | 6,5            | 0        | 7,35  | 5,53            | 96 | 19         | 328        | 9,4            | 0        | 8,69  | 5,87            | 103 |
|        |              |            |                | 6        | 9,31  | 3,84            | 66 |            |            |                | 3,9      | 11,00 | 0,24            | 4   |
|        | 19           | 216        | 3,8            | 0        | 1,48  | 5,25            | 88 | 24         | 216        | 3,6            | 0        | 2,95  | 5,63            | 97  |
|        |              |            |                | 3,3      | 1,48  | 5,25            | 88 |            |            |                | 3,1      | 3,57  | 5,14            | 89  |
|        | 19           | 253a6      | 3,8            | 0        | 1,48  | 5,38            | 91 | 24         | 258        | 4,1            | 0        | 7,97  | 5,14            | 91  |
|        |              |            |                | 3,3      | 1,59  | 5,38            | 91 |            |            |                | 3,6      | 7,97  | 4,89            | 87  |
|        | 19           | 300        | 4,0            | 0        | 6,14  | 5,24            | 92 | —          | 300        | 4,7            | 0        | 8,81  | 5,38            | 96  |
|        |              |            |                | 3,5      | 6,14  | 4,83            | 84 |            |            |                | 4,2      | 8,95  | 5,38            | 96  |
| 20     | 333г         | 4,2        | 0              | 11,0     | 6,99  | 124             | —  | 333<br>334 | 4,6        | 0              | 9,19     | 5,38  | 97              |     |
|        |              |            | 3,7            | 11,0     | 3,07  | 55              |    |            |            | 4,1            | 9,19     | 4,89  | 88              |     |
| Ia     | 15           | 320<br>346 | 2,8            | 0        | 0,24  | 5,47            | 94 | 16         | 320        | 2,8            | 0        | 0,62  | 6,12            | 101 |
|        |              |            |                | 2,3      | 0,24  | 5,40            | 94 |            |            |                | 1,3      | 1,12  | 5,38            | 90  |
| 15     | 401          | 6,0        | 0              | 3,07     | 5,43  | 94              | 16 | 401        | 7,5        | 0              | 8,33     | 4,89  | 84              |     |
|        |              |            | 5,5            | 4,55     | 5,37  | 95              |    |            |            | 7,0            | 8,95     | 4,64  | 79              |     |
| 11     | 422<br>423   | 11,0       | 0              | 6,74     | 6,04  | 106             | —  | —          | —          | —              | —        | —     | —               |     |
|        |              |            | 10,5           | 11,73    | 2,05  | 31              |    |            |            | —              | —        | —     | —               |     |
| 14     | 4396         | 5,8        | 0              | 3,31     | 5,40  | 102             | —  | —          | —          | —              | —        | —     | —               |     |
|        |              |            | 5,3            | 3,31     | 4,95  | 83              |    |            |            | —              | —        | —     | —               |     |
| Va     | 21           | 220<br>221 | 5,0            | 0        | 3,07  | 5,12            | 89 | 27         | 220<br>221 | 4,0            | 0        | 8,33  | 5,14            | 88  |
|        |              |            |                | 4,5      | 3,07  | 4,79            | 81 |            |            |                | 3,5      | 8,33  | 5,14            | 88  |
| 19     | 297в         | 3,6        | 0              | 8,21     | 4,71  | 80              | 23 | 297        | 4,3        | 0              | 3,39     | 5,63  | 99              |     |
|        |              |            | 3,1            | 10,52    | 3,62  | 64              |    |            |            | 3,8            | 8,09     | 4,89  | 87              |     |
| 17     | 351г<br>352в | 10,0       | 0              | 7,00     | 5,22  | 92              | 18 | 351г       | 8,2        | 0              | 8,95     | 5,63  | 100             |     |
|        |              |            | 9,5            | 10,04    | —     | —               |    |            |            | 7,7            | 9,31     | 4,89  | 85              |     |
| 17     | 3576в        | 7,4        | 0              | 4,66     | 3,80  | 48              | 17 | 374        | 6,1        | 0              | 7,12     | 5,38  | 92              |     |
|        |              |            | 6,9            | 8,57     | 0,77  | 13              |    |            |            | 5,6            | 9,23     | 4,41  | 76              |     |
| 15     | 401          | 6,0        | 0              | 5,77     | 5,43  | 94              | 16 | 401        | 7,5        | 0              | 8,3      | 4,89  | 84              |     |
|        |              |            | 5,5            | 5,76     | 5,37  | 95              |    |            |            | 7              | 8,95     | 4,64  | 79              |     |
| 17     | 404a         | 12,2       | 0              | 5,73     | 5,76  | 101             | 17 | 404        | 13,6       | 0              | 9,16     | 4,89  | 85              |     |
|        |              |            | 11,7           | 5,88     | 0,84  | 14              |    |            |            | 12,9           | 11,95    | 0     | 0               |     |



В середине июля под действием речного стока соленость поверхностных слоев воды смещается и особенно в западной его части. У п-ва Мангышлак соленость максимальная и величины ее в июне на дне меньше, чем на поверхности. Здесь обнаруживается выход глубинных вод Среднего Каспия на поверхность—явление неоднократно отмечае-

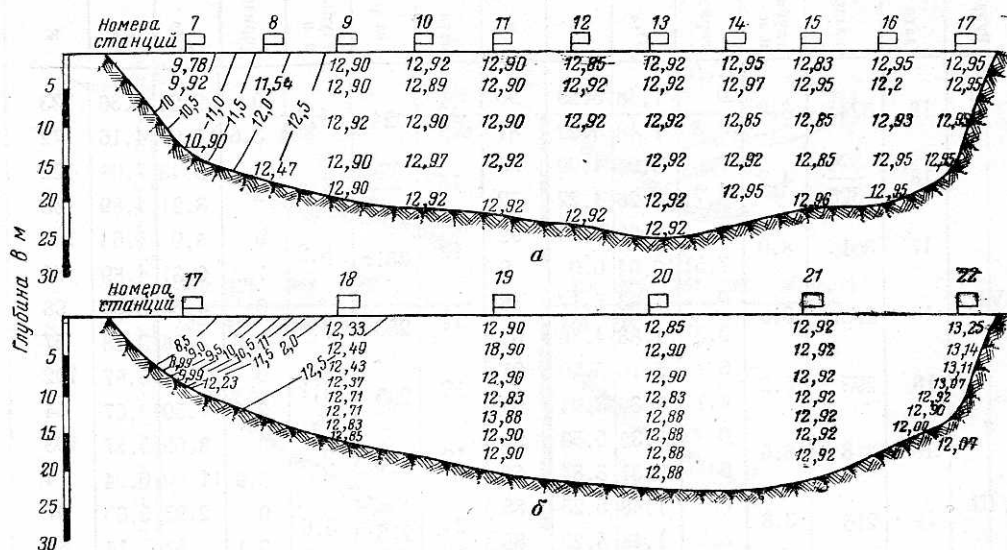


Рис. 13. Вертикальное распределение солености, по Чесалину А. А. (разрез о-в Чечень — п-ов Мангышлак в 1939 г.):

а—I рейс э/с «Опыт» с 15 по 16 мая; б—II рейс э/с «Опыт» с 15 по 16 июня.

мое исследователями. В многоводные годы опреснение воды на этом разрезе происходит интенсивнее, но как и в годы низких стоков р. Волги в западном районе оно выражено сильнее, восточная же часть разреза остается осолоненной в течение всего года.

## ВЫВОДЫ

1. Не только величина годового стока р. Волги, но, что очень важно, продолжительность, т. е. сроки начала и конца паводка, а также сроки достижения максимального уровня и высота последнего оказывают влияние на сезонную динамику солености Северного Каспия.

2. Северная часть Каспийского моря характеризуется большим количеством ветреных дней и малым количеством дней со штилевой погодой. В западной части моря преобладают ветры западных и восточных направлений, в восточной повторяются четыре направления ветра в равной степени.

Северо-западные и западные ветры способствуют опреснению, а восточные и юго-восточные — осолонению.

3. С 1931 г. в динамике средней солености Северного Каспия наблюдались четыре периода.

4. Сезонные колебания, распределение в поверхностных слоях и вертикальная стратификация солености зависят от взаимодействия двух факторов, а именно: от величины стока р. Волги и ветрового режима, возбуждающего течения в том или ином направлении.

5. Динамика многолетних колебаний солености зависит главным образом от величины водного стока р. Волги; коэффициент корреляции равен 0,94.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Бадамшин Б. И. и Черноскутков И. А., Заливы Мертвый Култук и Кайдак в настоящее время, Известия Географического общества, № 2, 1947.
2. Бирштейн Я. А. и Спасский Н. Н., Донная фауна Каспийского моря до и после вселения *Negeis succinea*, Сборник работ об акклиматизации нерис в Каспийском море, МОИП, вып. 33, 1952.
3. Винецкая Н. И., Сезонные колебания солености Северного Каспия в 1950 г., Труды ГОИН, Гидрометиздат, № 20, 1955.
4. Винецкая Н. И. и Барсукова Л. А., Биогенный сток Волги, гидрохимический режим и продукция органического вещества Северного Каспия, Аннотации к работам ВНИРО, Сборник 5, 1957.
5. Зайков В. Д., Водный баланс Каспийского моря в связи с причинами понижения уровня, Гидрометиздат, 1946.
6. Зайцев Г. Н., Колебания солености Северного Каспия в 1935—1943 гг. и причины их возникновения, «Метеорология и гидрология», 1946, № 4.
7. Зайцев Г. Н., Изменение гидрологического режима Северного Каспия в связи с гидростроительством, Труды ГОИН, Гидрометиздат, № 12, 1953.
8. Иванов К. И., Основные черты гидрохимического режима предустьевого пространства Волги и северной части Каспийского моря, Труды ГОИН, Гидрометиздат, вып. 4 (16), 1948.
9. Иванов К. И., Изменение солености Северного Каспия в связи с гидростроительством, Труды ГОИН, № 12, 1953.
10. Спасский Н. Н., Состояние и изменение бентоса Северного Каспия в период 1940—1945 гг., «Зоологический журнал», т. XXVII, вып. 3, 1948.
11. Танасийчук Н. П., Влияние изменения гидрологического режима Северного Каспия и понижения уровня моря на распределение рыб и запасы полупроходных рыб, «Рыбное хозяйство», 1948, № 3.