

## Глава V

### СОЛЕННОСТЬ

#### 1. Общие сведения

Воды Волги, выходя на мелководное пространство предустьевого изморья, где малые глубины сначала постепенно, затем резко (свал глубин) переходят в большие, смешиваются с солеными водами Каспийского моря. Зона смешения волжской и морской вод располагается, в зависимости от стока Волги, либо на самом предустьевом изморье, либо за его пределами, в предустьевом пространстве моря. В результате смешения вод происходят сложные гидрологические и гидрохимические процессы, имеющие большой научный и практический интерес.

Первые исследования солевого состава и распределения солёности в Каспийском море, исключая изморье дельты, были проведены А. А. Лебединцевым [66] в 1904 г. Они показали, что солевой состав Каспийского моря и хлорный коэффициент резко отличаются от солевого состава и хлорного коэффициента вод открытых морей и океанов. Лебединцев вывел для вод Каспийского моря хлорный коэффициент, равный 2,38. В дальнейшем С. В. Бруевич [17] получил хлорный коэффициент, равный 2,40. Несколько позже он же [20] предложил для открытой части моря пользоваться хлорным коэффициентом Лебединцева, а для районов с опресненной водою при вычислении солёности применять формулу  $S^0/_{00} = 2,35Cl^0/_{00} + 0,17$ . Аналогичная формула была предложена А. В. Трофимовым [95] для вод Северного Каспия ( $S^0/_{00} = 2,36Cl^0/_{00} + 0,14$ ). В 1949 г. В. А. Зенин и В. А. Шишман на основе работ Бруевича и Трофимова составили для Северного Каспия океанологические таблицы.

Подробные исследования распределения солёности в Каспийском море проводились экспедицией Кнпповича [57] в 1914—1915 гг. Однако и эта экспедиция изыла в мелководной части Северного Каспия только небольшое количество проб воды на хлорность. Солёность интересного и важного в рыбопромысловом отношении мелководного района долгое время оставалась неизученной. Только с 1934 г. целый ряд организаций: Астраханский филиал ВНИРО, Промразведка, Гидрометеослужба, Институт Океанологии АН СССР и др. начал проводить экспедиционные работы по его изучению. В настоящее время ВНИРО и Промразведка (г. Астрахань) ежегодно проводят определения солёности на стандартных разрезах. Съёмки солёности проводятся по стандартным квадратам Северного Каспия (рис. 19). Большую работу по изучению солёности вод западной части Северного Каспия проводит под руководством ГОИНа Волжская устьевая гидрометеостанция.

Наиболее полно режим солёности вод этого района освещен в рабо-

тах К. И. Иванова [45] и Н. И. Винецкой [23, 24]. В этих работах рассмотрено пространственное распределение солености воды в поверхностном слое за отдельные годы и сезонные изменения на стандартных разрезах. Они также исследовали зависимость солености вод Северного Каспия от стока Волги. Иванов дал расчет солености отдельных частей Каспийского моря в связи с уменьшением речного стока и падением уровня моря.

При всех исследованиях в прошлом очень мало уделялось внимания распределению солености по вертикали. Такие наблюдения проводились только на нескольких разрезах и, как правило, на двух горизонтах (поверхность и дно). Вследствие этого многолетние и сезонные колебания солености в основном определялись по их величинам в поверхностном слое, а не по средней солености всей толщи воды. Отмеченный недостаток в методике наблюдений не дает возможности точно вычислить среднюю величину солености Северного Каспия и ее изменение.

В настоящей работе использованы материалы по солености вод предустьевого пространства Северного Каспия, собранные ВНИРО, Промразведкой, а также ЦУГМС и ГОИНОм с 1932 по 1955 г. Имеется свыше 96 000 определений солености вод Северного Каспия. Кроме того, впервые использованы наблюдения над соленостью (удельным весом) на следующих береговых и островных гидрометеостанциях: о. Чистая Банка (1947—1955 гг.), о. Жесткий (1954—1955 гг.), Астраханский рейд (1955 г.), о. Тюлений (1949—1955 гг.), Брянская Коса (1947—1955 гг.). Определение удельного веса воды производилось ареометрированием, с последующим переводом в соленость по «Океанологическим таблицам для Каспийского моря».

Режим солености воды предустьевого взморья очень сложен и неустойчив, зависит от многих факторов, таких, как сток Волги, режим ветра, циркуляция вод взморья, колебания уровня Каспийского моря. Под их влиянием соленость вод взморья имеет значительные годовые, сезонные и суточные колебания как по акватории, так и по глубине.

## 2. Пространственное распределение

На предустьевом взморье Волги хорошо выделяются два потока воды: западный, направленный к югу вдоль западного берега Северного Каспия, и восточный, направленный на юго-восток и проходящий над Мангышлакским порогом. Такое распределение солености хорошо иллюстрируется картами солености поверхностного слоя, составленными для каждого рейса за период с 1933 по 1953 г. Ивановым и Винецкой. Площадь, занимаемая восточным потоком опресненной воды, меньше площади, занимаемой западным потоком. Распределение солености на разрезе о. Чечень — п-ов Мангышлак (рис. 30) также показывает, что опресненные воды предустьевого взморья поступают в Средний Каспий в основном через западную часть предустьевого пространства моря. В связи с этим соленость вод у восточного побережья Среднего Каспия всегда выше солености вод у западного берега.

Разделение волжских вод на предустьевом взморье на два потока наиболее резко выражено весной (апрель) и осенью (август—сентябрь). В июне—июле, в период половодья, оба потока опресненной воды соединяются в центральной части предустьевого взморья в один общий, идущий к югу от дельты. В годы с малым стоком волжские воды также текут в основном вдоль западного берега Северного Каспия, а в годы с большим стоком они распределяются по всему предустьевому взморью.

Колебание величины средней солености по годам хорошо согласуется с колебаниями величины стока Волги (табл. 45).

Одной из основных особенностей распределения солености на взморье является наличие больших горизонтальных градиентов в районе свала глубин. Пространственное распределение солености здесь зависит от величины стока Волги, глубины места, рельефа дна, от ветрового режима и водообмена со Средним Каспием.

Таблица 45

Величин средней солености воды (‰) в западной части Северного Каспия и стока Волги (км³) у Сталинграда (по Иванову)

| Год                                                       | 1936 | 1937  | 1938  | 1939  | 1940 | 1941 | 1947 | 1949 | 1950 | 1951 | Средняя многолетняя |
|-----------------------------------------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|---------------------|
| Средняя соленость воды за период с апреля по ноябрь . . . | 9,52 | 10,18 | 10,03 | 10,85 | 9,75 | 7,90 | 7,83 | 9,23 | 9,81 | 9,28 | 9,2                 |
| Сток Волги у Сталинграда с марта по октябрь . . . . .     | 155  | 138   | 153   | 160   | 170  | 220  | 287  | 185  | 190  | 210  | 180                 |

В 1953 г. А. М. Норина [79] сделала попытку установить зависимость между величиной стока Волги и площадью, занимаемой распресненными водами в западной части Северного Каспия. Однако из-за не-

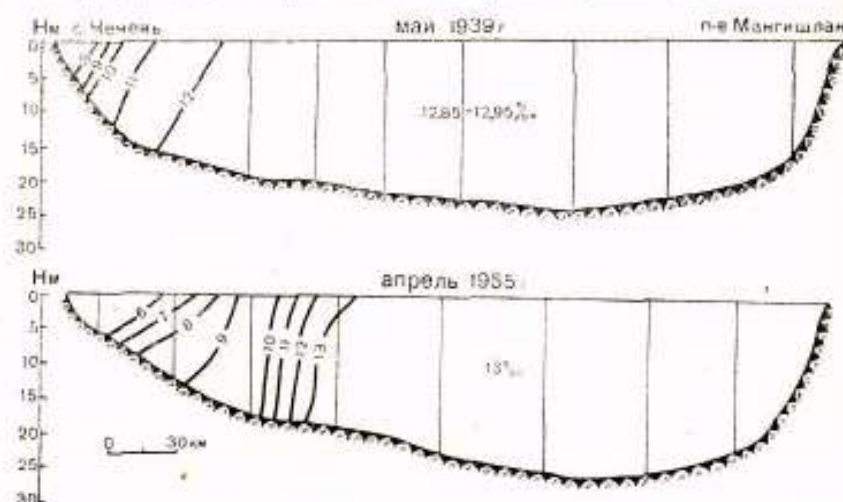


Рис. 30. Распределение солености на разрезе о. Чечень — п-ов Мангышак: 15—16 мая 1939 г. и 28 апреля 1955 г.

достатка материалов наблюдений на разрезах она брала не всю площадь распресненных вод, а площадь, занятую водами с соленостью до 10‰. Полученная зависимость имеет следующий вид:

$$p = 0,61 Q + 50,7,$$

где  $p$  — процентное отношение площади, занимаемой водами с соленостью меньше 10‰, к площади западной части Северного Каспия;  $Q$  — средний сток за два предыдущие месяца в км³.

Коэффициент корреляции оказался равным 0,80, а обеспеченность — 92%. Однако автор не объясняет, почему взят сток за два предыдущих месяца. Используя данные за период с 1935 по 1951 г., Норина не

учитывает резкого уменьшения объема вод предустьевоего взморья, вследствие интенсивного падения уровня моря.

Обзор имеющихся карт солёности вод Северного Каспия за период с 1934 по 1955 г. показал, что всегда все предустьевое взморье Волги, составляющее около 56% всей площади западной части Северного Каспия, занято водами с солёностью ниже  $10\text{‰}$ . Кроме того, положение изогалины в  $10\text{‰}$  в значительной степени зависит не только от стока Волги, но и от ветрового и уровенного режима, поэтому установить надёжную зависимость между стоком Волги и площадью распреснённых вод в западной части Северного Каспия без учета этих факторов невозможно.

Режим ветра оказывает существенное влияние на распределение солёности вод взморья. Во-первых, ветер, создавая дрейфовое течение, изменяет солёность в данной точке взморья за счёт адвекции вод с иной солёностью и, во-вторых, вызывая турбулентное перемешивание вод по вертикали, изменяет характер вертикального распределения солёности.

При адвекции вод с другой солёностью изменяется средняя солёность на вертикали. Например, 5—6 июня 1955 г. на многосуточной станции VII ( $H=8\text{ м}$ ) за счёт адвекции вод, вызванной сильным северо-западным ветром, солёность воды на горизонтах 0,5 и 2,5 м уменьшилась с 7,1 до  $3,6\text{‰}$ , тогда как в нижних слоях она осталась прежней.

При отсутствии адвекции воды, т. е. при изменении солёности только за счёт турбулентного перемешивания по вертикали, средняя величина её почти не изменяется. Так, 3/IV 1935 г. на суточной станции в кв. 29 ( $H=3,2\text{ м}$ ) за счёт вертикального перемешивания солёность в поверхностном слое увеличилась, а в придонном — уменьшилась. Средняя же величина солёности не изменилась.

Наблюдения на многосуточных станциях на взморье в 1955 г. показали, что адвекция вод происходит при резко выраженных стонных или нагонных ветрах и отмечается главным образом в районах больших горизонтальных градиентов солёности — на свале глубин.

Аналогичные изменения солёности подтверждены и данными наблюдений на Астраханском рейде ( $\varphi=44^{\circ}51'$ ;  $\lambda=47^{\circ}46'$ ), где в навигацию 1955 г. при нагоне солёность воды резко повышалась (табл. 46), а при стоне — уменьшалась.

Таблица 46

Изменение солёности воды у Астраханского рейда при нагонах в 1955 г.

| Дата   | В е т е р   |                 | Уровень, см | Солёность, ‰ |
|--------|-------------|-----------------|-------------|--------------|
|        | Направление | Скорость, м/сек |             |              |
| 22/VII | ЮВ          | 6               | —           | 2,45         |
| 23/VII | ЮВ          | 7               | —           | 3,77         |
| 24/VII | ЮВ          | 9               | —           | 5,71         |
| 25/VII | С           | 5               | —           | 3,06         |
| 28/IX  | ЮВ          | 8               | 508         | 1,62         |
| 29/IX  | ЮВ          | 10              | 517         | 5,22         |
| 30/IX  | ЮВ          | 14              | 557         | 5,98         |
| 3/X    | ВЮВ         | 4               | 505         | 4,02         |
| 4/X    | ЮВ          | 6               | 507         | 7,03         |
| 5/X    | ВЮВ         | 10              | 513         | 9,96         |
| 6/X    | ВЮВ         | 13              | 557         | 10,20        |
| 7/X    | В           | 11              | 527         | 5,58         |
| 8/X    | В           | 8               | 507         | 1,62         |

Наибольшая соленость ( $9-10\text{‰}$ ) отмечалась при сильных юго-восточных и восточных ветрах, наименьшая ( $1,1-2,0\text{‰}$ ) — при сильных ветрах с СЗ, С и ССВ.

В зависимости от направления и скорости ветра создаются весьма разнообразные картины распределения пресных, распресненных и морских вод.

При западных ветрах пресные воды дельты Волги движутся в восточном и юго-восточном направлениях, увеличивая зону опреснения поверхностного слоя вод взморья. В юго-западную часть в это время поступают морские воды из Среднего Каспия. При северо-западных и северных ветрах зона опреснения поверхностного слоя воды становится еще шире, чем при западных ветрах, поскольку при них большее количество пресных вод предустьевого взморья распространяется за свал глубин. При северо-восточных ветрах распресненные воды взморья сто-

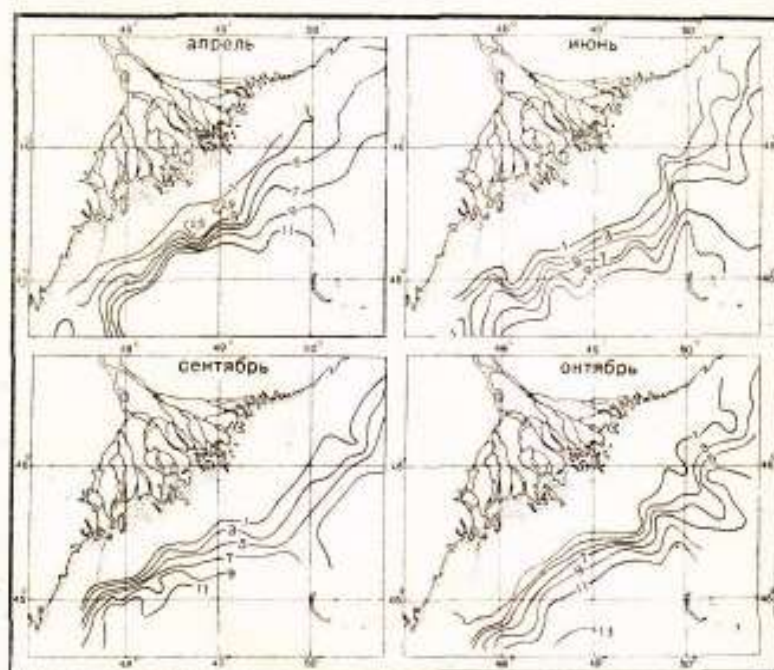


Рис. 31. Карты пространственного распределения солености воды на предустьевом взморье Волги (по К. И. Иванову и Н. И. Винешкой) в 1950 г.

няются в западную часть взморья и вдоль западного берега проникают в западную часть Среднего Каспия. В этот период зона распресненных вод в западной части Северного Каспия увеличивается. При восточных ветрах в районе о. Кузала морские воды поступают на взморье из восточной части Среднего Каспия. Юго-восточные и южные ветры способствуют поступлению морских вод на взморье из восточной части Северного Каспия и из Среднего Каспия, а распресненные воды растекаются по взморью вдоль берегов в западном и восточном направлениях. При юго-западных ветрах юго-западная часть предустьевого взморья осолоняется за счет морских вод, поступающих из Среднего Каспия, а

восточная часть Северного Каспия несколько опресняется за счет пресных вод взморья. Таким образом, распределение солености вод на предустьевом взморье при различных ветровых условиях хорошо согласуется со схемой течений предустьевого взморья, построенными для соответствующих румбов.

В маловодные годы (1937, 1939) ветер оказывает значительно большее влияние на соленость вод взморья, чем в многоводные (1947, 1955). Однако в многоводные годы он может по-разному влиять на распределение солености в зависимости от его режима. Стояные ветры способствуют распространению волжских вод в поверхностном слое по всему предустьевому пространству моря и их проникновению в восточную часть Северного Каспия. Нагонные ветры препятствуют опреснению восточной и центральной частей предустьевого пространства моря и сгоняют пресные воды к западному побережью.

Так, в 1947 г. в период половодья ветры западных румбов имели большую повторяемость, вследствие чего волжские воды распространялись широким фронтом и вызвали значительное опреснение в восточной части Северного Каспия. В 1948 г. в летний период преобладали юго-восточные ветры, поэтому происходило усиленное поступление к северу среднекаспийских вод и движение основной массы волжских вод в Средний Каспий вдоль западного берега Северного Каспия.

На картах пространственного распределения солености воды на предустьевом взморье Волги характер расположения изогалин соответствует характеру расположения изобат, т. е. с увеличением глубины взморья соленость увеличивается. На разрезах, перпендикулярных к свалу глубин, по мере удаления от дельты соленость увеличивается от 2—3 до 9—10‰ (рис. 31). Аналогичное изменение солености отмечается и на разрезе у банки Средней Жемчужной, расположенной с СЗ на ЮВ (рис. 32). Если над банкой, при глубине места 2,5 м, соленость равна 2—3‰, то несколько миль к востоку от банки, при глубине места 7—8 м, соленость равна 6—8‰. Такое увеличение солености отмечается и к западу от банки.

Аналогичное изменение солености с глубиной происходит и на всем протяжении взморья в районах значительного изменения глубин (табл. 47).

Таблица 47

Изменение солености вод взморья в квадратах, равноудаленных от морского края дельты

| № квадрата | Глубина места, м | Соленость на поверхности, ‰ |
|------------|------------------|-----------------------------|
| 258        | 3,4              | 1,48                        |
| 328        | 6,0              | 6,57                        |
| 351        | 9,0              | 9,12                        |

Это объясняется тем, что на станциях с большими глубинами вследствие вертикального перемешивания на поверхность поступают воды с большей соленостью, поскольку в придонном слое она здесь всегда намного выше, чем на станциях с меньшими глубинами. Более плотные морские воды поступают на глубоководное взморье с придонным противотечением в период сильных сгонов. В мелководных районах взморья, где вся толща охвачена стоково-дрейфовым течением, этого не наблюдается.

В западной части Северного Каспия относительно большие глубины (8—15 м) образуют выступ, направленный к центральной части предустьевого взморья. К западу от него расположено мелководье, приле-

гающее к западному берегу Северного Каспия, а к востоку — мелководье Мангышлакского порога. Малые глубины в значительной степени препятствуют опресненным водам изморья перемешиваться с солеными морскими водами центральной части Северного Каспия.

В соответствии с этим расположением глубин наибольшие величины солености всегда отмечаются в центральной части предустьевых про-

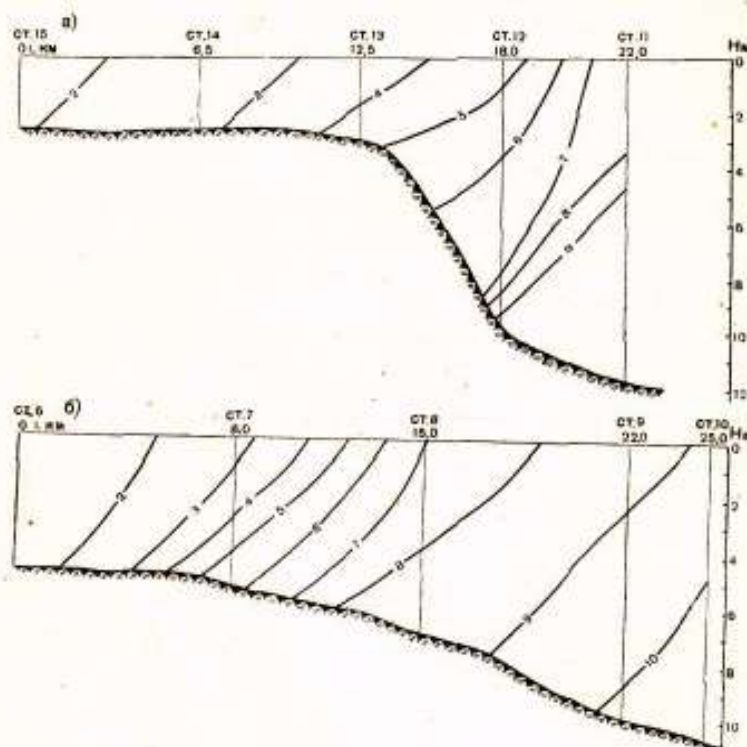


Рис. 32. Распределение солености июля 1955 г. а — у банки Средней Жемчужной, б — к западу от нее.

странства, поскольку здесь имеется большая возможность поступления вод из Среднего Каспия. К западу и востоку от этой впадины располагаются зоны более опресненной воды.

Таким образом, наличие двух потоков опресненных вод на предустьевом взморье Волги объясняется неравномерностью распределения волжского стока на морском крае дельты Волги. Основная доля стока Волги приходится на западную часть взморья, меньшая — на восточную часть и незначительный сток идет в центральную часть.

Господствующие ветры восточных румбов, вызывая соответствующую циркуляцию вод, также способствуют поступлению морских вод из восточной части Среднего Каспия в центральную часть предустьевых взморья. Эти же ветры стоняют в западную часть взморья наиболее опресненные воды поверхностного слоя. Все это еще больше усиливает разделение вод взморья на две полосы опресненных вод. При дальнейшем понижении уровня Каспийского моря опреснение отмеченных выше полос будет еще большим. Даже при уменьшении речного стока в во-

сточную часть дельты, но при более низком уровне моря, восточная полоса опресненной воды сохранится. Западный поток опресненных вод более мощный и устойчивый, чем восточный. Особенно это заметно в годы с малым стоком Волги и в меженьный период, когда волжские воды проходят на юг преимущественно вдоль западного побережья (1949 г.)

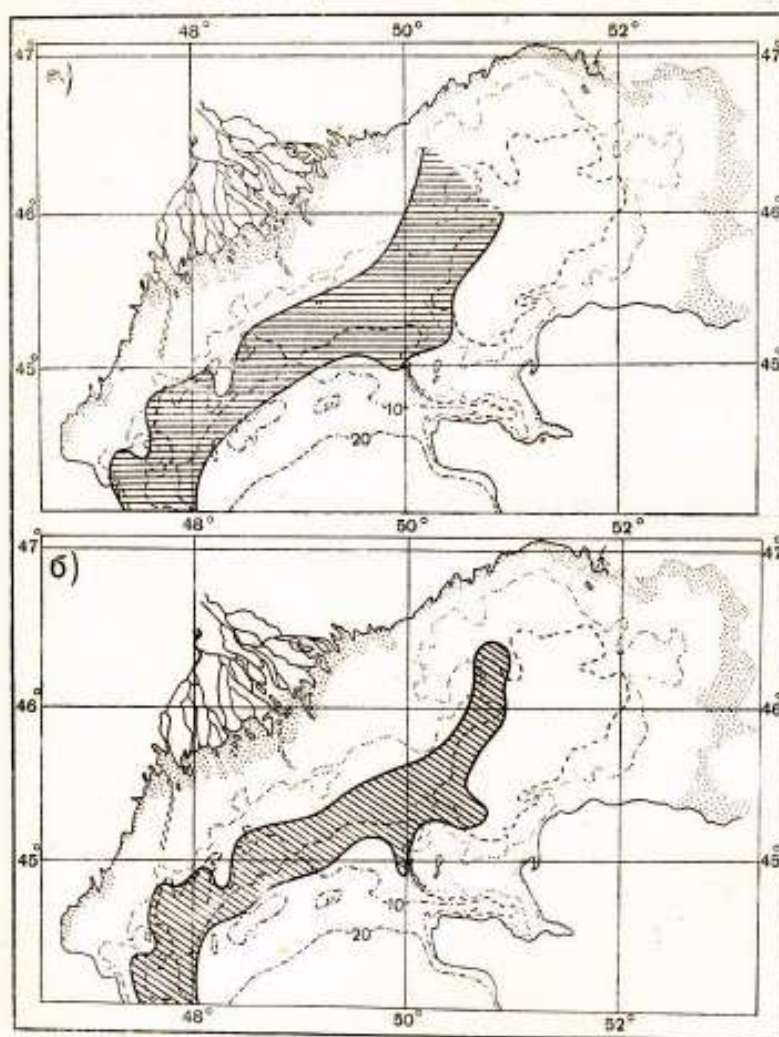


Рис. 33. Область значительных изменений солености воды на взморье Волги: а — по горизонтали, б — по вертикали.

На предустьевом взморье можно выделить три района по величине солености и амплитуде ее колебания. Первый, занимающий все мелко-водное взморье до морского бара включительно (глубина 1,5—2,0 м), — район пресных вод (до 1‰), с очень малой амплитудой колебания в

течение всего навигационного периода (до  $0,5\text{‰}$ ). Второй — район распресненных вод с соленостью от 1 до  $4-5\text{‰}$ . Амплитуда изменения солености уже больше  $3-4\text{‰}$ . Третий — зона трансформации (стыка) пресных и морских вод — расположен на свале глубин и имеет соленость воды от  $4-5$  до  $11\text{‰}$ . Здесь амплитуда изменения солености за период навигации наибольшая ( $5-7\text{‰}$ ). Границы между этими районами изменяются по сезонам в зависимости от стока Волги и сгонно-нагонных явлений. Эти районы хорошо совпадают с районами деления взморья по рельефу и геоморфологическим особенностям.

Обычно предустьевое взморье Волги характеризуется наличием вод с соленостью от  $0,3\text{‰}$  (волжская вода) на севере, до  $12,85\text{‰}$  (среднекаспийская вода) на юге. Волжские воды, поступая на взморье и смешиваясь с морскими водами, создают в районе свала глубин резкие горизонтальные градиенты солености воды. В зависимости от величины стока Волги и ветрового режима, область значительных (более  $0,3\text{‰}$  на 1 милю) горизонтальных градиентов солености изменяет свое положение, отклоняясь от своего среднего положения на  $20-25$  км.

Анализируя карты распределения солености вод на поверхности в западной части Северного Каспия можно выделить область, в которой почти постоянно наблюдаются значительные горизонтальные градиенты солености (рис. 33а). Средняя ширина этой области равна  $38$  км. Наименьшая ширина наблюдается к востоку от о. Тюленьего и в центральной части взморья, наибольшая — в восточной части взморья, над Мангышлакским порогом.

Весной, в предполоводный период, большие горизонтальные градиенты солености располагаются между морским баром взморья дельты и свалом глубин. В период половодья (май—июль) эта область смещается к югу и располагается над свалом глубин. В это время горизонтальные градиенты солености уменьшаются. Осенью область больших градиентов солености смещается немного к северу и горизонтальные градиенты солености увеличиваются.

В годы с большим стоком Волги зона трансформации речной воды на взморье больше, чем в остальные годы, и горизонтальные градиенты солености выражены слабее. Они также меньше в период штормов.

За период наблюдений с 1935 по 1955 г. наибольшая величина ( $5,7\text{‰}$  на 1 милю) горизонтального градиента солености воды на поверхности предустьевого взморья Волги отмечена в апреле 1950 г. Горизонтальные градиенты солености воды в поверхностном слое по наблюдениям на взморье Волги в 1952—1954 гг. колебались от 1 до  $2\text{‰}$  (табл. 48).

Таблица 48

Горизонтальные градиенты солености воды на поверхности предустьевого взморья Волги в 1952—1954 гг.

| № квадрата | Год  | Месяц | Горизонтальные градиенты солености в $\text{‰}$ на 1 милю |
|------------|------|-------|-----------------------------------------------------------|
| 295—327    | 1952 | VI    | 1,42                                                      |
| 347—374    | 1952 | VIII  | 1,16                                                      |
| 324—351    | 1952 | VIII  | 1,45                                                      |
| 374        | 1952 | X     | 1,32                                                      |
| 399—400    | 1953 | IV    | 2,00                                                      |
| 294        | 1953 | X     | 1,00                                                      |
| 398        | 1954 | VI    | 1,02                                                      |
| 121        | 1954 | VIII  | 1,20                                                      |
| 398        | 1954 | X     | 1,20                                                      |
| 178        | 1954 | IV    | 1,60                                                      |

В районах взморья со значительными градиентами солености неоднократно отмечались большие скопления воблы [109] и другой рыбы. Здесь вследствие перемешивания волжских и морских вод осаждаются, как показал еще Иванов [45], органические вещества, выносимые на взморье волжскими водами, и скопляется планктон.

### 3. Распределение солености по вертикали

Основным условием образования вертикальной стратификации солености и ее изменения на взморье является приток пресных волжских вод и ветер, вызывающий волнение и дрейфовое течение.

На мелководном взморье весь год, кроме периода ледостава, под действием ветров происходит полное перемешивание воды по вертикали. Южнее морского бара при штиле и слабых ветрах происходит медленное растекание пресных, более легких, волжских вод по поверхности морской, более тяжелой, воды. Так, например, по наблюдениям на VI многосуточной станции 5 июля 1955 г. соленость в поверхностном слое уменьшилась на  $1,2\text{‰}$ . В районе д/к «Донбасс» 13—14 октября 1938 г. при длительном штиле она понизилась на  $1,5\text{‰}$ .

Принято считать, что в основном только при штиле создается значительная неоднородность солености по вертикали. Однако данные наблюдений на взморье в 1955 г. показывают, что наибольшая неоднородность вод на взморье создается при сильных стойких ветрах. Так, например, 5—11 июля 1955 г. на станции VII вследствие сильного северо-западного ветра образовался слой резкого изменения солености на глубине 4 м ( $1\text{‰}$  на 1 м). В этот период в районе свала глубин распресненные воды располагались над морскими водами. На участке взморья с глубинами до 4 м сильный ветер обуславливает однородность воды по вертикали, а на свале глубин (более 5 м) он, наоборот, устанавливает резко выраженную неоднородность. Наиболее часто она наблюдается на свале глубин, в районе стыка пресных и морских вод (табл. 49).

Таблица 49

Соленость вод на поверхности и у дна на предустьевом взморье в 1953 г.

| Дата   | № квадрата | Глубина, м | Соленость, ‰ |       |
|--------|------------|------------|--------------|-------|
|        |            |            | Поверхность  | Дно   |
| 8 IV   | 295        | 4,6        | 1,98         | 10,92 |
| 9 IV   | 297        | 4,0        | 2,45         | 8,57  |
| 9 IV   | 328        | 4,3        | 5,88         | 10,61 |
| 28 IV  | 399        | 4,6        | 1,29         | 13,39 |
| 19 VI  | 300        | 5,0        | 4,31         | 12,09 |
| 19 VII | 324        | 4,0        | 2,21         | 7,97  |
| 20 VI  | 258        | 3,9        | 2,45         | 6,38  |
| 29 VI  | 210        | 3,8        | 0,86         | 6,74  |
| 21 VII | 302        | 4,0        | 0,12         | 10,04 |
| 21 VII | 181        | 3,1        | 0,12         | 9,81  |
| 23 VII | 325        | 4,5        | 3,63         | 8,21  |
| 23 VII | 297        | 4,5        | 3,35         | 8,09  |

Как видно из табл. 49, неоднородность солености на поверхности и у дна в основном наблюдается в зоне предустьевого взморья с глубинами 4—5 м, причем в течение всего летнего периода. Во все годы наблюдений значительная разница в солености (более  $2\text{‰}$ ) отмечается в районе к востоку от о. Тюленьего на Астраханском рейде, у банки Средней Жем-

чуждой, в центральной части свала глубин. В восточной части взморья, а также на границе с Уральской бороздиной, она менее значительна и наблюдается реже. В районе Мангышлакского порога вследствие интенсивного ветрового перемешивания вод и отсутствия больших горизонтальных градиентов солености, неоднородность по вертикали также слабо

Таблица 50

Распределение солености воды за свалом глубин в мае 1936 г.

| Дата | № квадрата | Глубина, м | Горизонт, м | Соленость, ‰ |
|------|------------|------------|-------------|--------------|
| 21/V | 463        | 20         | 0           | 12,97        |
|      |            |            | 15,0        | 12,97        |
| 25/V | 93         | 8          | 0           | 10,33        |
|      |            |            | 7,0         | 10,33        |
| 25/V | 155        | 11         | 0           | 11,09        |
|      |            |            | 10,0        | 11,20        |
| 25/V | 226        | 10         | 0           | 10,23        |
|      |            |            | 9,0         | 10,23        |
| 26/V | 161        | 7,0        | 0           | 10,47        |
|      |            |            | 6,0         | 10,62        |
| 27/V | 68         | 7,0        | 0           | 10,09        |
|      |            |            | 6,0         | 10,12        |

выражена. Южнее свала глубин, на границе со Средним Каспием, а также в Уральской бороздине, ее почти совсем нет (табл. 50).

На предустьевом взморье Волги резкое изменение солености по вертикали наиболее сильно выражено в период половодья (табл. 51). Это объ-

Таблица 51

Изменение солености воды на предустьевом взморье Волги в 1955 г.

| № квадрата или станции | Дата  | Средний градиент солености в ‰ на 1 м | № станции | Дата  | Средний градиент солености в ‰ на 1 м |
|------------------------|-------|---------------------------------------|-----------|-------|---------------------------------------|
| кв. 374                | 1/V   | 2,0                                   | 12        | 5.VII | 3,0                                   |
| кв. 399                | 6/V   | 3,06                                  | 8         | 11.VI | 1,25                                  |
| ст. 12                 | 12.VI | 3,12                                  | 7         | 11.VI | 1,98                                  |

ясняется не только распространением пресных вод по поверхности предустьевого пространства моря, но и большей вертикальной устойчивостью вследствие интенсивного прогрева поверхностного слоя вод взморья. Кроме того, волжские воды, проходя через мелководное взморье, нагреваются и выходят к свалу глубин более теплыми, чем морские воды. Осенью в результате усиления ветрового перемешивания, изменений солености воды по вертикали почти нет, этому способствует и усиление конвекции за счет охлаждения поверхностных вод.

С увеличением различия плотности воды по вертикали интенсивность горизонтального обмена увеличивается [69]. Кроме того, расслоенность воды сильно затрудняет турбулентный обмен в вертикальном направлении. Поэтому значительные изменения солености воды по вертикали легко создаются в районах с большими горизонтальными градиентами солености, как например, на предустьевом взморье Волги. Вертикальная стратификация, образующаяся во время сильных стонов, наиболее устой-

чива и часто сохраняется до поздней осени. Менее устойчива и легко уничтожается стратификация, созданная стоковыми течениями в штилевую погоду.

Независимо от года и месяца наибольшая неоднородность солености по вертикали наблюдается на свале глубин и зависит от глубины взморья. Устойчивая продолжительная стратификация наблюдается в районе банки Средней Жемчужной (кв. 324). На поверхности здесь соленость относительно низкая (табл. 52), а у дна она достигает 7—12‰.

Таблица 52

Распределение солености воды в районе банки Средней Жемчужной

| Год  | Месяц | Глубина<br>места, м | Соленость на<br>поверхности, ‰ |
|------|-------|---------------------|--------------------------------|
| 1936 | VI    | 5,5                 | 5,12                           |
| 1940 | VII   | 6,0                 | 2,45                           |
| 1943 | VI    | 6,0                 | 6,31                           |
| 1947 | VI    | 6,0                 | 2,31                           |
| 1947 | X     | 4,5                 | 3,88                           |
| 1948 | VI    | 6,0                 | 4,04                           |
| 1949 | VIII  | 5,0                 | 4,50                           |
| 1950 | VIII  | 5,5                 | 5,40                           |
| 1953 | VIII  | 5,0                 | 2,24                           |
| 1954 | VI    | 6,0                 | 1,34                           |
| 1955 | VI    | 6,0                 | 5,90                           |
| 1955 | VII   | 8,0                 | 4,81                           |

Существование вертикальной неоднородности солености на взморье зависит и от стока Волги. В маловодные годы (1937), когда пресные воды на взморье занимают узкую полосу, она наблюдается реже и только в западной части взморья. В многоводные годы (1947, 1955) волжская вода распространяется по всему взморью до свала глубин Уральской бороздины, где создается резкое изменение солености по вертикали.

Чем больший приток волжских вод в определенный район взморья и чем больше глубины и резче они изменяются, тем большую акваторию занимает зона вертикальной неоднородности солености вод и ярче она выражена.

Распределение солености на разрезе о. Чечень — п-ов Мангышлак, расположенном на границе Северного и Среднего Каспия, хорошо характеризует движение распресненных вод предустьевого взморья в Средний Каспий. В период навигации распресненные воды предустьевого взморья обнаруживаются только в западной части разреза. Это еще раз подтверждает, что основной перенос вод из предустьевого взморья в Средний Каспий происходит вдоль западного берега моря. Центральная и восточная части этого разреза, через которые среднекаспийская вода поступает в Северный Каспий, характеризуются относительно однообразным распределением солености (12,5—13,0‰).

Несмотря на большую удаленность разреза от устья Волги, влияние ее вод значительно сказывается на величине солености на этом разрезе. Даже в маловодные годы соленость здесь меньше, чем соленость среднекаспийских вод.

При наличии илистых грунтов в районах, где имеется стратификация солености, в придонных горизонтах устанавливаются неблагоприятные в отношении кислородного режима условия для обитания водных организмов. Еще К. И. Иванов и Л. А. Барсукова [49] обнаружили дефицит ки-

кислорода в придонном слое западной части предустьевого взморья (у о. Тюленьего) при резких изменениях солености вод с глубиной.

По данным наблюдений ВНИРО в 1953 г. удалось установить, что дефицит содержания кислорода в придонных слоях воды при значительной вертикальной стратификации солености отмечается не только в районе о. Тюленьего, но еще в большей мере — на свале глубин банки Средней Жемчужной и в центральной части взморья (табл. 53).

Таблица 53

Распределение солености и растворенного кислорода в воде (в сл.м.д.) на взморье Волги в июле 1953 г.

| Дата   | № квадрата | Глубина, м | Горизонт | Соленость, ‰ | Содержание кислорода, сл.м.д. |
|--------|------------|------------|----------|--------------|-------------------------------|
| 14 VII | 422        | 11,0       | пов.     | 0,74         | 6,02                          |
|        |            |            | дно      | 11,73        | 2,65                          |
| 17 VII | 375        | 7,4        | пов.     | 4,66         | 3,80                          |
|        |            |            | дно      | 8,57         | 0,77                          |
| 17 VII | 404а       | 12,2       | пов.     | 7,83         | 5,76                          |
|        |            |            | дно      | 11,00        | 0,84                          |
| 17 VII | 378        | 12,2       | пов.     | 8,69         | 5,37                          |
|        |            |            | дно      | 10,04        | 0,38                          |
| 17 VII | 352        | 10,3       | пов.     | 6,74         | 5,22                          |
|        |            |            | дно      | 10,40        | 0,0                           |
| 17 VII | 351        | 8,0        | пов.     | 7,00         | 5,25                          |
|        |            |            | дно      | 10,04        | 0,0                           |
| 17 VII | 407        | 9,0        | пов.     | 9,45         | 6,50                          |
|        |            |            | дно      | 9,78         | 5,12                          |
| 17 VII | 156        | 7,8        | пов.     | 9,78         | 4,61                          |
|        |            |            | дно      | 10,04        | 4,61                          |

В квадрате 407 и 156 дефицита кислорода в придонном слое не наблюдается, так как вертикальное изменение солености здесь мало.

Выделяя районы с устойчивой во времени стратификацией солености по вертикали, можно тем самым наметить и районы возможного дефицита кислорода в воде, знание которого является столь важным при изучении кормовой базы рыб Северного Каспия.

По характеру распределения солености воды по вертикали на предустьевом взморье можно выделить три района. Первый — от морского края дельты до склона морского бара (2-метровая изобата). Это район однородной стратификации. Второй — от 2-метровой изобаты до свала глубин ( $H=4$  м) — район с незначительным изменением солености по вертикали. Только после продолжительных сильных семенных ветров здесь может создаваться значительная вертикальная стратификация солености, а при нагонных и нейтральных ветрах временно устанавливается вертикальная однородность солености воды. Третий район — свал глубин. Здесь почти всегда отмечается резко выраженная стратификация воды. Южнее, за свалом глубин, существует однородное распределение солености по вертикали. Только в период половодья южнее свала глубин наблюдается некоторое (до 1‰) опреснение поверхностного слоя воды.

Таким образом, на предустьевом взморье Волги выделяется зона постоянного существования вертикальной стратификации солености воды (рис. 33б), в которой почти всегда имеется значительная (от 2 до 10‰) разница между соленостью поверхностного и придонного слоев. За пределами этой зоны вертикальная неоднородность солености наблюдается очень редко и слабо выражена.

Выделение зоны постоянной вертикальной стратификации солености воды дает возможность более правильно и рационально составить программу полевых работ в Северном Каспии, что обеспечит получение более надежных данных о колебаниях средней солености района предустьевых взморья.

#### 4. Сезонные и межгодовые изменения

Соленость предустьевого взморья Волги изменяется в соответствии с изменением стока Волги, характеристик ветра, испарения и водообмена со Средним Каспием. В сезонном изменении солености вод предустьевого взморья наблюдается следующая закономерность: относительно высокая соленость ранней весной (март—апрель), понижение ее в период половодья (июнь—июль) и увеличение осенью (октябрь—ноябрь).

Весной, в начале апреля, когда сток Волги незначительный, волжские воды занимают узкую (30—40 км) прибрежную полосу предустьевого взморья у западного берега Северного Каспия (рис. 31). За свалом глубин в это время располагаются воды с соленостью 10—12‰. После пика половодья (июль), когда за два месяца (V—VI) на взморье поступает более 50% годового стока Волги, зона распресненных вод резко увеличивается и занимает наибольшую площадь. Особенно резко эта зона увеличивается в восточной части взморья. В этот период отмечается наименьшая величина средней солености предустьевого взморья.

Увеличению распресненной зоны в июле способствует и режим ветра, поскольку в это время повторяемость ветров западных румбов достигает своего наибольшего значения (35%) и становится равной повторяемости ветров восточных румбов (рис. 11). Это вызывает уменьшение поступления на взморье соленых вод со Среднего Каспия и распространение волжских вод в восточную часть Северного Каспия. Эти причины обуславливают также наименьшую соленость в районе Уральской бороздины. В августе сток Волги резко сокращается и увеличивается повторяемость восточных ветров, а следовательно, и поступление на взморье вод из Среднего Каспия. Это вызывает резкое сокращение распресненной зоны предустьевого взморья. В сентябре распресненная зона еще уменьшается. Осенний паводок (октябрь) несколько увеличивает ее, особенно в западной части взморья, но уже в ноябре, когда сток Волги мал, повторяемость ветров восточных румбов достигает 70%, а среднемесячная скорость ветра становится максимальной (8 м/сек), распресненная зона вновь резко сокращается. Средняя величина солености оказывается в это время наибольшей за весь период навигации. В зимний период морские воды располагаются значительно ближе к дельте, чем осенью. Однако отсутствие зимних экспедиционных наблюдений над соленостью не дает возможности рассмотреть этот вопрос достаточно полно.

Отмеченные общие закономерности в сезонных колебаниях солености вод предустьевого взморья проявлялись почти во все годы наблюдений. Частые отклонения определяются особенностями атмосферной циркуляции и характеристиками половодья Волги.

В отличие от предустьевого взморья, в восточной части Северного Каспия и в Среднем Каспии значительных сезонных изменений солености не наблюдается.

Сезонные колебания средней величины солености в поверхностном слое Среднего Каспия по данным Бруевича [17] достигают всего 0,17‰, а в восточной части Северного Каспия — 1—1,5‰. В наиболее многоводном 1947 г. в восточной части Северного Каспия эти колебания были равны 1,59‰, в то время как в западной — 3,94‰.

Так как экспедиционные наблюдения проводятся эпизодически и ох-

вывают только навигационный период, то интересно рассмотреть внутригодовые изменения солености и, в частности, изменения ее в зимний период по наблюдениям на гидрометеостанциях взморья.

Наиболее характерный ход среднемесячной солености для района о. Чистая Банка отмечался в 1954 г. (табл. 54).

Таблица 54

Среднемесячная соленость воды в поверхностном слое в 1954 г. у о. Чистая Банка (в ‰)

| I   | II  | III | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X   | XI  | XII | Год |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 0,5 | 0,9 | 0,7 | 0,6 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3  | 0,5 | 0,8 | 1,2 | 1,2 | 0,6 |

Обращает на себя внимание малая величина солености в январе—феврале, когда взморье было покрыто сплошным ледяным покровом, и резкое уменьшение стоно-нагонных колебаний уровня взморья и нагона соленых вод к мелководному взморью. Поздней осенью, с увеличением повторяемости ветров восточных румбов, соленость у о. Чистая Банка повышается.

У о. Жесткого в январе 1954 г. среднемесячная соленость была равна 1,45‰. С понижением температуры вода осолоняется за счет льдообразования. Так, за 12 дней февраля соленость постепенно увеличилась с 1,50 до 5,11‰. Увеличение ее происходило до тех пор, пока вся вода подо льдом не замерзла (табл. 55). В связи с промерзанием взморья на бере до дна поступление пресных вод в этот район почти прекращается.

Наибольшая соленость у о. Жесткого наблюдалась при восточных, юго-восточных и южных ветрах, а наименьшая — при ветрах от северо-восточного до западного направлений.

Данные наблюдения на станции о. Тюленьего показывают, что соленость здесь определяется не только стоком Волги, но в большей степени ветровым режимом. Так, в июле 1954 г. она была намного больше, чем в мае и июне, т. е. имела обратный ход. Это объясняется большой повторяемостью нагонных ветров с ВЮВ в июне. По этим же причинам соленость в мае 1955 г. оказалась намного больше, чем в апреле и июне—

Таблица 55

Изменение солености у о. Жесткого в феврале 1954 г.

| Число                            | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6             | 7    |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|---------------|------|
| Глубина подо льдом, см . . . . . | 41   | 32   | 27   | 25   | 20   | 21            | 18   |
| Соленость, ‰ . . . . .           | 1,50 | 1,86 | 1,98 | 2,10 | 2,58 | 2,94          | 2,94 |
| Число                            | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13            |      |
| Глубина подо льдом, см . . . . . | 11   | 9    | 6    | 4    | 4    | Вода замерзла |      |
| Соленость, ‰ . . . . .           | 3,54 | 3,91 | 4,26 | 4,65 | 5,11 |               |      |

июле. В зимний период на взморье наблюдаются наибольшие величины солености, чему способствует образование льда и слабый приток волжских вод.

С начала половодья волжские воды постепенно оттесняют морскую воду на юг и юго-восток. Поток пресных вод к о. Чистая Банка и к о. Жест-

кому подходит в конце апреля, в мае он доходит до Астраханского рейда, а в июне—июле — до Брянской косы и о. Тюленьего.

Наименьшая соленость в течение года наблюдается у о. Жесткого и у о. Чистая Банка, расположенных на южной границе мелководной зоны взморья Волги (табл. 56).

Таблица 56

Средняя соленость и амплитуда колебания солености (‰) за 1950—1955 гг. по гидрометстанциям взморья

| Станция                 | Соленость |            |            | Амплитуда |
|-------------------------|-----------|------------|------------|-----------|
|                         | Средняя   | наибольшая | наименьшая |           |
| о. Жесткий . . . . .    | 2,00      | 10,20      | 0,30       | 9,90      |
| о. Чистая Банка . . . . | 2,46      | 5,11       | 0,30       | 4,98      |
| о. Брянская Коса . . .  | 4,66      | 8,86       | 1,10       | 7,76      |
| о. Тюлений . . . . .    | 6,80      | 11,90      | 0,60       | 11,30     |

Наибольшие амплитуды изменения солености в течение года отмечаются в районе о. Тюленьего, Астраханского рейда и Брянской косы, поскольку эти станции расположены в зоне смешения речной и морской вод.

В связи с изменением стока Волги и падением уровня Каспийского моря изменялась также и средняя величина солености вод Северного Каспия. Винецкая (1952) выделила четыре периода в многолетнем ходе солености за последние 25 лет, приняв за среднюю величину соленость периода 1931—1933 гг.

С 1934 по 1940 г. происходило резкое осолонение вод, а затем, с 1941 по 1948 г. соленость несколько уменьшилась, удерживаясь почти одинаковой до 1950 г., и вновь увеличилась в 1951 г.

Период с 1934 по 1940 г. характеризуется уменьшением величины стока Волги и резким падением уровня Каспийского моря. За этот период уровень Каспийского моря понизился на 1,3 м. Уменьшение стока волжских вод в Северный Каспий вызвало увеличение поступления в эту часть моря среднекаспийской соленой воды. Наибольшее осолонение вод Северного Каспия наблюдалось в 1935 г., когда средняя соленость здесь повысилась до 12,54‰. Увеличение солености вод Северного Каспия в этот период также способствовало поступлению вод из осолоненных (25,30‰) заливов Мертвого Култука и Кайдака [40].

В последующий период (1941—1948 гг.) вследствие увеличения стока Волги и уменьшения площади водной поверхности, и, следовательно, уменьшения потерь на испарение, средняя величина солености упала до 5,4‰, а в 1947 г. — наиболее многоводном по стоку Волги — она равнялась 3,4‰. С 1949 г. началось некоторое увеличение солености вод Северного Каспия. С 1948 по 1953 г. сток Волги был меньше среднегогодового. В связи с этим уровень Каспийского моря еще более понизился, а средняя соленость вод Северного Каспия увеличилась. С 1953 г. средняя соленость достигла в восточной его части 8,77‰, в западной — 6,53‰.

## 5. Кратковременные изменения

В отличие от остальных районов моря, на предустьевом взморье Волги, кроме годовых и сезонных изменений солености, сильно выражены кратковременные (суточные) колебания солености. Такие быстрые изменения объясняются наличием больших вертикальных и горизонтальных

градиентов солености воды, обусловленных соприкосновением речной и морской вод. В основном же эти изменения вызваны ветром и стоковыми течениями. Ветер может вызвать адвекцию водных масс с определенной соленостью, а также создать перемешивание вод в вертикальном и горизонтальном направлениях. В штиль кратковременные изменения солености воды в поверхностном слое обуславливаются изменением притока волжских вод. По данным К. И. Иванова [45] и В. А. Чесалина [100] на взморье за сутки соленость в поверхностном слое может изменяться на  $3-7\text{‰}$ .

В последние годы экспедиции ВНИРО ежегодно стали проводить наблюдения над соленостью воды на 4-5-суточных станциях в Северном Каспии, однако данных для исследования изучения колебаний солености

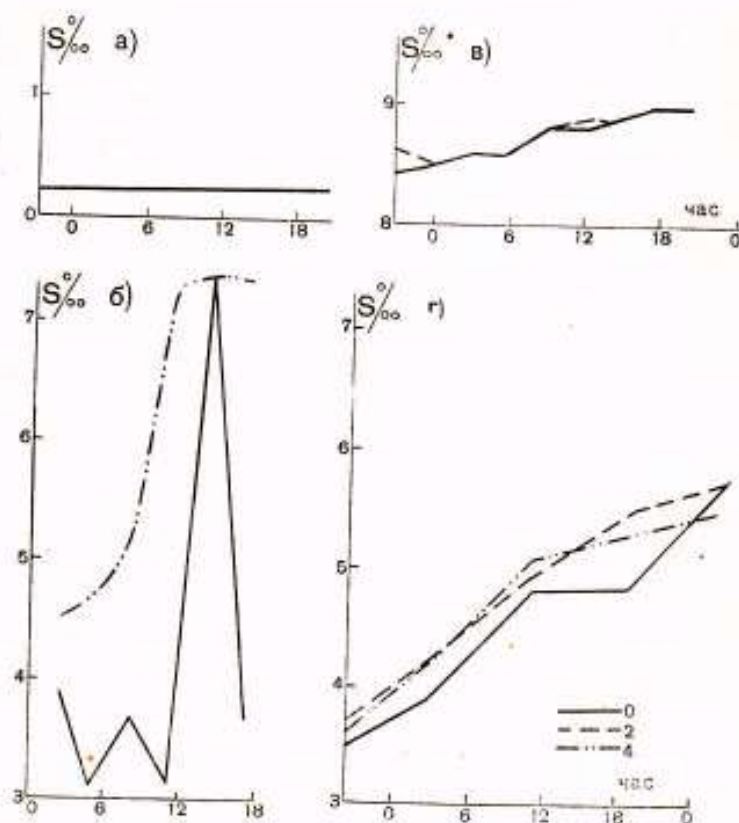


Рис. 34. Кратковременные изменения солености воды в Северном Каспии: а — на мелководном взморье, б — на свале глубин, в — за пределами предустьевых взморья Волги, г — на Мангышлакском пороге.

оказалось недостаточно. В связи с этим, программой экспедиционных работ Волжской устьевой станции на 1955 г. предусмотрены 8 многосуточных станций, на которых брались пробы на соленость через каждые 2 часа.

Кратковременные изменения солености различны в разных районах взморья. На мелководном взморье (до 2 м) в период навигации изменений солености воды в течение суток не наблюдались (рис. 34а). По ме-

ре удаления от бара к свалу глубин величина суточных изменений солености увеличивается, а в районе свала глубин и на Мангышлакском пороге она достигает наибольшего значения (рис. 34а и 34г). За пределами предустьевого пространства моря кратковременные изменения солености не превышают  $0,3\text{‰}$  (рис. 34б).

В районе свала глубин в поверхностном слое (до 4—5 м) происходят очень быстрые и значительные изменения величин солености (табл. 57). В нижних слоях она изменяется незначительно.

Таблица 57

Кратковременные изменения солености воды на свале глубин в 1955 г.  
(по наблюдениям ВУГМС)

| Дата    | № суточной станции | Горизонт, м | Величина изменений солености, ‰ | Продолжительность времени изменения солености в час. |
|---------|--------------------|-------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|
| 1 XI    | I                  | 0,5         | 1,4                             | 5                                                    |
|         |                    | 2,0         | 1,1                             | 5                                                    |
| 5 XI    | IV                 | 0,5         | 2,17                            | 12                                                   |
|         |                    | 2,1         | 2,03                            | 12                                                   |
| 15 VIII | VII                | 3,4         | 2,62                            | 6                                                    |
| 16 VIII | V.I                | 0,5         | 0,61                            | 2                                                    |
|         |                    | 3,4         | 1,23                            | 2                                                    |
| 17 VIII | VII                | 0,5         | 1,00                            | 6                                                    |
|         |                    | 3,4         | 0,91                            | 6                                                    |
| 18 VIII | VII                | 0,5         | 0,40                            | 6                                                    |
|         |                    | 3,4         | 1,67                            | 6                                                    |
| 20 VIII | VI                 | 0,5         | 1,21                            | 4                                                    |
|         |                    | 4,5         | 1,19                            | 4                                                    |
| 8 VII   | VII                | 0,5         | 1,50                            | 4                                                    |
|         |                    | 2,5         | 1,38                            | 4                                                    |
| 5 VI    | VI                 | 0,5         | 2,30                            | 8                                                    |
|         |                    | 2,5         | 1,50                            | 8                                                    |

Наибольшее изменение солености наблюдалось в октябре 1953 г. в квадрате 399/400, когда она в поверхностном слое за 3 часа увеличилась на  $4,3\text{‰}$ , а на глубине 5 м — на  $3,1\text{‰}$ .

Район больших кратковременных изменений солености воды совпадает с зоной значительных горизонтальных градиентов солености предустьевого взморья Волги. Выявленные особенности режима солености воды взморья позволяют сделать некоторые практические выводы, в частности, о методике наблюдений над соленостью в Северном Каспии.

С 1935 г. ВНИРО проводит в Северном Каспии систематические наблюдения над соленостью воды на 5—7 разрезах, по 4—5 вертикалям на каждом разрезе. Пробы воды берутся на двух горизонтах — поверхность и дно. Кроме этого, берутся пробы воды в поверхностном слое в квадратах размером  $18 \times 13$  км. Как правило, рейс, во время которого берутся пробы воды на соленость, длится 15—20 дней. ВУГМС до 1955 г. брала пробы воды на соленость реже, а рейс выполнялся за 8—12 дней.

За такие периоды неоднократно меняется направление и скорость ветра, а следовательно, и соленость воды по акватории и по вертикали. За несколько дней расположение изогалины может продвинуться на 20—40 км к северу или к югу. Однако до сих пор это обстоятельство большинством исследователей не учитывалось [24, 40, 46]. Поэтому при использовании прежних материалов необходимо относиться к ним с большой осторожностью.

Для устранения указанного недостатка следует изменить методику

и программу наблюдений таким образом, чтобы при использовании тех же плавсредств получить более точную картину распределения и величины солености вод в рассматриваемой части Северного Каспия. Для этого общая продолжительность рейсов, частота вертикалей и горизонтов наблюдений для разных районов Северного Каспия должна быть различной. Так, в районе свала глубин необходимо проводить наблюдения в наиболее короткий срок (2—3 суток) и на нескольких горизонтах. Вне этого района точки наблюдения можно располагать реже, пробы брать на одном-двух горизонтах. Это значительно сократит объем работ.

Быстрые и резкие изменения солености воды на взморье отрицательно сказываются на его микрофауне. Если при высоких температурах и плохой аэрации в районе свала глубин соленость воды резко повышается (на 3—4‰), то происходит массовая гибель моллюсков — основного корма для рыб [55].

Необходимо отметить еще одну особенность в режиме солености вод взморья. В районе свала глубин иногда наблюдается обратная стратификация солености воды. Однако она неустойчива и может сохраняться только поздней осенью, когда вода взморья холоднее, чем морская вода. В остальное время обратная стратификация солености должна разрушаться за счет конвективного перемешивания.

В заключение отметим, что, исходя из схем течений (рис. 28) и их повторяемости, т. е., зная результирующий перенос масс на предустьевом взморье, можно сделать вывод о наилучшем распределении и поступлении волжского стока на взморье. Для рыбного хозяйства Северного Каспия наиболее выгодно, по нашему мнению, усилить поступление стока Волги по рукаву Бузан, т. е. в восточную часть дельты. Это, во-первых, увеличит зону опреснения в восточной части Северного Каспия, а во-вторых, уменьшит перемешивание речных вод с солеными водами Среднего Каспия. В этом случае на предустьевом взморье и в Северном Каспии будет сохраняться больше биогенных веществ, приносимых волжскими водами.