

## 9. МУТНОСТЬ, ПРОЗРАЧНОСТЬ И ЦВЕТ ВОДЫ

### 9.1. Мутность и прозрачность воды в Северном Каспии

Мутность воды в Северном Каспии зависит от таких факторов, как сток рек и мутность речных вод, поступающих на устьевое взморье, ветровое волнение, течения, глубина места и удаленность от дельты и берегов, механический состав донных отложений, развитие водной растительности. Различаются три основные генетические группы взвешенных в воде веществ: 1) взвеси, выносимые на взморье речными водами; 2) взвеси, поднимаемые со дна взморья волнением и течениями; 3) взвеси органического происхождения, образуемые планктоном [366]. На устьевых взморьях рек Волги и Урала в зоне транзита речных вод распределение мутности по вертикали в стоковом потоке практически такое же, как в руслах рек, и мутность экспоненциально увеличивается от поверхности ко дну. Вид эпюры зависит от крупности взвешенных наносов и глубины места.

Увеличение мутности от поверхности ко дну объясняется уменьшением скорости стокового течения, в результате чего более крупные взвешенные частицы опускаются в нижележащие слои воды, а при волнении происходит и взмучивание донных отложений.

Существенное значение в процессе распространения мелкодисперсных взвешенных веществ, поступающих из зоны транзита речных вод в зону смешения речных и морских вод, имеет вертикальное распределение плотности воды на взморье и разность плотности речной и морской воды. В зоне смешения вод основная часть этих веществ распространяется в верхнем квазиоднородном слое над пикноклином (галоклином, термоклином). В пикноклине может образоваться слой промежуточного максимума содержания взвешенных веществ с дифференциацией частиц различной крупности. В результате многократного ослабления вертикальной турбулентности в пикноклине этот слой выполняет функцию «жидкого» грунта, задерживая частицы, достигающие верхней границы пикноклина. Особенно это заметно в штиль в период ловодья и нагрева вод, когда мутные воды из реки растекаются по устьевому взморью тонким поверхностным слоем. Толщина поверхностного мутного слоя воды может быть от десятков сантиметров до нескольких метров. Ниже мутность уменьшается, а у дна снова увеличивается, что связано с турбулентными процессами, вызывающими взмучивание донных отложений.

Мутность воды играет существенную роль в формировании дефицита кислорода в придонных слоях устьевого взморья, особенно в штиль, когда отсутствует ветровое волнение и имеется плотностная стратификация вод. Мутные речные воды, поступая на взморье, создают верхний слой малой прозрачности. Взвешенные вещества препятствуют проникновению лучистой энергии в нижние горизонты, где сильно ослабевают либо совсем прекра-

щаются процессы фотосинтеза, происходит окисление остатков органических продуктов и образуется дефицит кислорода. Зона с придонным дефицитом кислорода обычно располагается у свала глубин, где слой скачка плотности воды выражен наиболее резко, а прозрачность минимальна (0,2—0,4 м). Мористее этой зоны по мере увеличения прозрачности воды и уменьшения вертикальных градиентов плотности содержание кислорода в воде по вертикали снова выравнивается. Таким образом, речные взвешенные вещества, поступая на устьевое взморье в теплый период года, создают характерный тип газового режима вод.

Сезонное регулирование стока рек водохранилищами уменьшило вынос взвешенных веществ и дегрита в море в теплый период года и увеличило в холодный, что ухудшило их использование на устьевых взморьях и в море.

Механический анализ взвешенных наносов, поступающих на устьевое взморье с волжскими водами, показал, что частицы размерами 0,5—0,25 мм составляют 0,3 %, 0,25—0,05 мм — около 25 %, 0,05—0,01 мм — 38 % и менее 0,01 мм — 36 %. Частицы влекомых наносов (90 %) имеют размер 0,25—0,05 мм. Обычно содержание частиц крупных фракций во взвешенном состоянии по мере продвижения от дельты к морю падает, а относительное содержание взвешенных мелких фракций увеличивается. Согласно М. В. Федосову [420], волжские воды в половодье выносят на взморье много частиц коллоидального размера (менее 1 мкм), которые затем разносятся течениями по всему Северному Каспию.

Поверхностные грунты в районе с глубинами до 5 м в основном (91 %) состоят из мелкозернистого и пылевого песка с размерами частиц 0,25—0,05 мм.

Наиболее полные измерения временной изменчивости мутности и прозрачности воды по предложению ГОИНа выполнены силами Астраханской ГМО в 1964—1965 гг. на плавмаяке Волго-Каспийском, расположенном в 90 км к югу от дельты Волги. Пробы на мутность отбирались вакуумным батометром на поверхности и у дна (5 м) 4 раза в сутки с апреля по ноябрь. При ветре скорость более 7 м/с наблюдения за мутностью проводились через каждые 2 ч.

Из-за мелководья и большого объема взвешенных наносов, поступающих со стоком рек, в Северном Каспии создается значительная временная изменчивость мутности воды. Мутность, обусловленная речным стоком, создает почти постоянный фон, на котором формируется режим мутности под действием динамических процессов.

Умеренные и сильные ветры вызывают ветровые течения, волнение и сгонно-нагонные явления. Поэтому для режима мутности воды характерно чередование периодов взмучивания и отсутствия взмучивания донных грунтов.

Активное взвешивание частиц грунта начинает происходить при скоростях ветра 4—5 м/с

(рис. 9.1) и при скоростях придонного течения 14–16 см/с. Однако зависимость мутности воды от скорости течения на взморье слабая, поскольку практически всегда, особенно на отмелых взморьях, при скоростях течений более 10–15 см/с существует ветровое волнение или зыбь, влияние которых затушевывает эту зависимость.

Механический состав взвешенных наносов проходящих по взморью речных вод по мере продвижения в море изменяется: содержание частиц крупных фракций уменьшается, а относительное содержание частиц мелких фракций увеличивается. В зону смешения вод поступают в основном частицы мелких фракций, а из этой зоны в море, как правило, выносятся частицы диаметром менее 0,05 мм.

Механический состав взвешенных наносов в зоне активного волнового взмучивания зависит от степени волнения и в основном соответствует составу поверхностных грунтов дна той зоны, где происходит взмучивание. Наибольшая мутность при волнении в таких зонах отмечается в придонном слое, а к поверхности она уменьшается. В зависимости от степени волнения отношение мутности поверхностного слоя к мутности придонного при глубинах 4–7 м изменяется в диапазоне 0,1–0,8. При умеренном волнении, которое наблюдается наиболее часто, это отношение в среднем составляет 0,3.

Наибольшая мутность по акватории водоема при волнении обычно отмечается на морском склоне устьевого бара рек Волги и Урала и в приурезовых ложбинах у морского края дельты, т. е. на участках активной трансформации элементов ветровой волны.

За безледный период года в районе плавмаяка Волго-Каспийского в среднем наблюдается 84 случая взмучивания поверхности грунта дна, когда мутность воды становится больше фоновой ( $20 \text{ г}/\text{м}^3$ ). В среднем за месяц отмечается 11 случаев взмучивания грунта, причем минимум наблюдается в июле–августе (7–9 случаев), а максимум — весной и осенью (11–13 случаев в месяц).

Если рассматривать только случаи активного взмучивания грунта, когда мутность воды превышала  $50 \text{ г}/\text{м}^3$ , то таких случаев за безледный период отмечено 41. За месяц в среднем происходит 6 случаев активного взмучивания грунта (3–5 в июле–августе, 8–9 в сентябре–октябре).

Каждый отдельный период взмучивания грунта взморья состоит из двух фаз. Первая — фаза взвешивания грунта, т. е. увеличение мутности от фонового значения за данный месяц до максимума за период взмучивания. Вторая — фаза осаждения взвешенных веществ на грунт, т. е. уменьшение мутности воды от максимального значения за данный период взмучивания до фонового. Эта фаза характеризуется затуханием действия факторов, вызывающих взмучивание грунта (волнение, течение). Суммарная продолжительность обеих фаз периода взмучивания в среднем составляет 50 ч, причем средняя продолжительность фазы взвешивания грунта равна 20 ч, а фазы осаждения — около 30 ч. При мутности более  $2000 \text{ г}/\text{м}^3$  это соотношение нарушается и продолжительность фазы взвешивания грунта со дна на 5–8 ч превышает продолжительность фазы осаждения. Однако за весь

безледный период отмечалось всего несколько таких случаев.

Таким образом, в среднем за безледный период года продолжительность фазы взвешивания грунта составляет 40 % продолжительности периода взмученного состояния, а фазы осаждения взвешенных веществ — 60 %.

Анализ изменчивости продолжительности фаз взвешивания и осаждения показал, что продолжительность первой фазы колебалась от 3 до 40 и

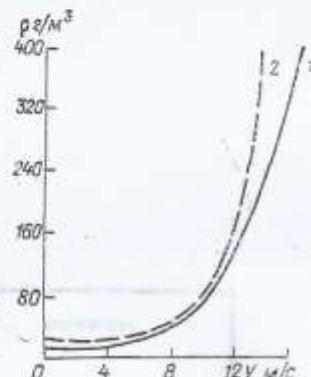


Рис. 9.1. Зависимость мутности воды  $\rho$  от скорости ветра  $V$  по наблюдениям на плавмаяке Волго-Каспийском.  
1 — поверхность; 2 — дно.

второй — от 12 до 60 ч. Наибольшая продолжительность периода взмученного состояния грунта длилась 48 ч, а фаза осаждения взвешенных веществ 80 ч. Среднее значение мутности воды за этот период равнялось  $250 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Установлено, что чем продолжительнее период взмученного состояния грунта, тем больше максимальное значение мутности воды за этот период.

По продолжительности все случаи активного взмучивания грунта Северного Каспия при глубинах менее 5 м распределяются следующим образом: до 12 ч — 7 %, от 13 до 48 ч — 56 %, от 97 до 10 ч — 7 %. Наибольшая продолжительность одного случая активного взмучивания грунта за год составляет 7 сут. Средняя продолжительность всех случаев взмучивания составляет 50 ч.

В районе 5-метровой изобаты за безледный период 65 % времени поверхностные грунты дна находятся во взвешенном состоянии, т. е. в воде отсутствуют взвеси, активно поднятые со дна взморья волнением и течением. За месяц в среднем отмечается 6 периодов отсутствия взмучивания грунта на взморье. Наиболееющую повторяемость (32 %) имеют случаи с продолжительностью отсутствия взмучивания от 25 до 48 ч, характерные для весеннего и осеннего периодов. Для летнего периода (июнь–август) свойственны случаи с большой продолжительностью времени без взмучивания грунта (более 6 сут — 15 %).

Модальное значение на кривой повторяемости мутности воды у плавмаяка за безледный период в поверхностном слое относится к интервалу  $11–20 \text{ г}/\text{м}^3$  (32 %), а для придонного слоя — к интервалу  $21–30 \text{ г}/\text{м}^3$  (20 %). Начиная с интервала  $51–60 \text{ г}/\text{м}^3$ , повторяемость мутности плавно уменьшается с 5 до  $0,1–0,2 \text{ %}$  ( $500 \text{ г}/\text{м}^3$ ).

Кривые повторяемости мутности за отдельные месяцы делятся на две группы. Кривые повторяемости за апрель–июль для поверхностного и придонного горизонтов мало отличаются друг от друга, а в осенний период (август–ноябрь) кри-

вая для придонного слоя сдвинута на  $20 \text{ г}/\text{м}^3$  в сторону больших значений относительно кривой повторяемости мутности воды для поверхностного слоя. Этот сдвиг объясняется усилением активности ветра в осенний период.

Наибольшая мутность воды на устьевом взморье за 1964 г. была отмечена 6 октября при западном ветре скоростью  $15 \text{ м}/\text{с}$ , когда в поверхностном слое мутность составила  $400 \text{ г}/\text{м}^3$ , а в придонном —  $556 \text{ г}/\text{м}^3$ .

Почти все наибольшие за месяц значения мутности воды наблюдались при штормовом ветре в чет-

Таблица 9.1  
Сезонные изменения прозрачности воды (м) в западной части Северного Каспия по стационарным наблюдениям

Пункт наблюдения	Средняя глубина, м	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Стационар № 3	3,2	—	0,65	0,75	1,0	0,75	1,0	—	—
Плавмаяк Волго-Каспийский	5,0	1,2	0,90	1,0	1,5	0,90	0,8	0,9	0,8
Плавмаяк Астраханский приемный	10,0	1,9	2,80	3,4	3,5	2,80	2,3	1,7	1,6

вертом квадранте горизонта при высотах воли более  $1,5 \text{ м}$  и скоростях течений  $30—55 \text{ см}/\text{с}$ . Течение в таких случаях обычно было направлено на юговосток.

Сезонные изменения мутности воды находятся в прямом соответствии с активностью ветра. Весной (апрель—май), когда ветровая деятельность значительна, среднемесячное значение мутности равно  $65—55 \text{ г}/\text{м}^3$ , летом (июнь—июль) оно уменьшается до  $29 \text{ г}/\text{м}^3$ , а осенью постепенно опять увеличивается до  $38 \text{ г}/\text{м}^3$  (август—сентябрь) и  $56—66 \text{ г}/\text{м}^3$  (октябрь—ноябрь).

С мутностью связана прозрачность\* воды. Северный Каспий отличается малой прозрачностью, что объясняется большим притоком речных вод, богатых органическими и неорганическими взвесями, высокой биологической продуктивностью вод и малыми глубинами. Распределение прозрачности хорошо согласуется с глубиной места и гидрометеорологическими условиями. В зависимости от факторов, определяющих прозрачность воды, она увеличивается по мере удаления от морского края дельты Волги и Урала и от берегов. Количество взвесей в воде увеличивается при волновом воздействии на донные отложения, при массовом развитии органических взвесей в период половодья.

Наибольшая прозрачность воды в Северном Каспии отмечается в апреле и июле (табл. 9.1), когда волнение слабое и вынос речных взвесей мал. В мае—июне прозрачность уменьшается за счет резкого увеличения поступления взвешенных частиц с речным стоком в половодье и усиления ветровой деятельности. В августе—сентябре про-

\* Здесь и далее имеется в виду относительная прозрачность, т. е. предельная глубина видимости белого стандартного диска в водной толще, равномерно освещенной солнцем и небосводом.

зрачность уменьшается вследствие бурного развития фитопланктона и вода приобретает зеленоватую окраску. Осенью (октябрь—ноябрь) резко усиливается повторяемость сильных ветров и прозрачность вследствие активного взмучивания донных грунтов уменьшается почти по всей акватории Северного Каспия.

Прозрачность волжских вод, выносимых в Северный Каспий, изменяется по сезонам в диапазоне  $0,2—0,7 \text{ м}$ , уральских вод — от  $0,1$  до  $0,4 \text{ м}$ .

Кратковременные изменения прозрачности воды зависят в основном от степени волнения, поэтому в Северном Каспии отмечается чередование периодов с относительно повышенной прозрачностью с периодами активного взмучивания донного грунта.

В штилевых условиях, когда прозрачность воды максимальна, она увеличивается прямо пропорционально глубине места от морского края дельты Волги и Урала ( $0,3—0,5 \text{ м}$ ) к границе со Средним Каспием ( $10—15 \text{ м}$ ). Особенно прозрачна вода в этот период в районах мористее  $6—8$ -метровых глубин и в Уральской бороздине. В этих условиях дно видно на глубинах до  $3 \text{ м}$ , а в единичных случаях — до  $6 \text{ м}$ . В западной части Северного Каспия при штиле средняя прозрачность воды в районе 5-метровой изобаты равна  $1,8—2,3 \text{ м}$ , наибольшая —  $3,6 \text{ м}$ , а в районе 10-метровой изобаты она равна  $5,5—6,5 \text{ м}$ , наибольшая —  $8 \text{ м}$ .

Максимальная прозрачность ( $10—14 \text{ м}$ ) отмечается на границе Северного и Среднего Каспия, где глубины достигают  $20—25 \text{ м}$ . Наибольшая прозрачность здесь отмечена в апреле 1969 г. ( $19,3 \text{ м}$ ).

По мере усиления ветра и увеличения волнения прозрачность уменьшается за счет взвешивания мелкой фракции донных отложений и в зоне с глубинами менее  $4—5 \text{ м}$  при штурме она равна  $0,2—0,3 \text{ м}$ . В этот период вода здесь приобретает серовато-белый цвет.

По ежедневным наблюдениям на плавмаяке получена зависимость прозрачности от мутности воды с учетом высоты волны (рис. 9.2). Эта зависимость проявляется при значениях мутности от  $15$  до  $100 \text{ г}/\text{м}^3$  и прозрачности от  $0,2$  до  $1,5 \text{ м}$ . Вне этих диапазонов четкой связи прозрачности воды с мутностью практически нет, т. е. при достижении фонового значения мутности прозрачность в дальнейшем увеличивается без существенного изменения мутности [376].

Четкая граница вод с прозрачностью менее  $2,5 \text{ м}$  в среднем совпадает с положением  $6—7$ -метровых изобат. Средняя прозрачность за весь безледный период увеличивается от  $1,0 \text{ м}$  у морского бара до  $8,3 \text{ м}$  на границе со Средним Каспием. Резкий скачок прозрачности (от  $2,0$  до  $7,4 \text{ м}$ ) происходит в районе свала глубин от  $5$  до  $12 \text{ м}$ . В восточной части Северного Каспия прозрачность меньше, чем в западной. Средняя за безледный период прозрачность равна здесь  $1,5—1,8 \text{ м}$  и изменяется по сезонам в пределах  $0,9—2,2 \text{ м}$ . Наименьшая прозрачность в большинстве районов здесь составляет  $0,4—0,5 \text{ м}$ , наибольшая (в Уральской бороздине) — до  $5,0 \text{ м}$ .

В западной части взморья Волги по стационарным наблюдениям на плавмаяке Волго-Каспийском (глубина места  $5 \text{ м}$ ) среднее значение прозрачности воды за весь период составило  $1,0 \text{ м}$  (при сред-

ней мутности  $47 \text{ г}/\text{м}^3$ , а у плавмаяка Астраханского приемного —  $2,5 \text{ м}$  [376].

Синхронно с наблюдениями за мутностью в безледный период в районе плавмаяка Волго-Каспийского выполнялись наблюдения за прозрачностью воды. Всего было проведено около тысячи наблюдений. За указанный период прозрачность воды

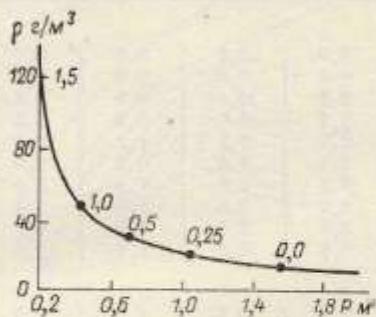


Рис. 9.2. Связь между мутностью  $r$  и прозрачностью  $P$  воды при глубине места 5 м.  
Цифры у точек кривой — высота волн в метрах.

в этом районе изменялась от 0,2 до 2,2 м. Наиболее часто (66 %) прозрачность отмечалась в интервале 0,6—1,5 м (табл. 9.2).

Из табл. 9.2 следует, что даже на значительном (90 км) расстоянии от дельты устьевое взморье Волги отличается относительно малой прозрачностью, что обусловлено малыми глубинами, притоком речных вод, богатых органическими и неорганическими взвесями, высокой биологической продуктивностью вод взморья.

В штилевую погоду и при слабых ветрах прозрачность увеличивается прямо пропорционально глубине. У плавмаяка Волго-Каспийского она в эти периоды равна 1,7—2,2 м при мутности 15—20  $\text{г}/\text{м}^3$ .

При штормовых условиях (скорость ветра 10 м/с и более) интенсивное воздействие волнения на грунты дна приводит к увеличению мутности за 6—10 ч до 100  $\text{г}/\text{м}^3$  и более и снижению прозрачности до 0,2—0,3 м.

После прекращения действия сильных ветров, ветрового волнения и течений мутность постепенно уменьшается, а прозрачность увеличивается и через 24—48 ч достигает доштормовых значений.

Внутрисуточные изменения прозрачности воды в 91 % случаев находятся в диапазоне  $\pm 0,1 \text{ м}$ , а наибольшее значение этих изменений достигает  $\pm 0,7 \text{ м}$ . За 2 сут изменения прозрачности воды в 64 % случаев располагались в диапазоне 0,2—0,5 м, а наибольшее значение двухсуточных изменений составило 1,6 м. За 3 сут максимум изменения (72 %) находился в диапазоне 0,2—0,7 м, а размах изменений составил 1,8 м.

В дельте прозрачность волжских вод изменяется от 0,4 м в апреле до 0,2 м в мае, а затем

возрастает до 0,6—0,8 м в июле—октябре. Вниз по течению в Волго-Каспийском канале прозрачность практически не изменяется и только с выходом на свал глубин взморья начинает увеличиваться вследствие разбавления речных вод морскими.

В сезонном ходе прозрачности воды у плавмаяка Волго-Каспийского речные взвешенные вещества Волги оказывают заметное влияние только в период весеннего половодья (конец мая — начало июня). В этот период выносимые речными водами мелкие карбонатные взвешенные вещества уменьшают прозрачность до 0,2 м (при мутности 20—30  $\text{г}/\text{м}^3$ ), в остальное время при штилевых условиях она равна в среднем 1,5 м.

Сезонная изменчивость прозрачности имеет следующие особенности. С апреля по май идет уменьшение прозрачности, с июня по июль — увеличение, а с августа по ноябрь — вновь уменьшение.

Большая прозрачность воды в апреле (1,2 м) объясняется влиянием осветленных за ледовый период вод.

В мае—июне низкая прозрачность, несмотря на уменьшение средней скорости ветра до 4 м/с, объясняется выносом в период половодья речными водами большого количества органических и неорганических взвешенных веществ. Поэтому цвет вод взморья Волги становится серовато-белесым от выноса карбонатных донных отложений.

Большая прозрачность в июле объясняется частой повторяемостью штилевых условий в этом месяце и небольшим развитием планктона. В августе—сентябре прозрачность уменьшается вследствие наибольшего развития фитопланктона и вода приобретает зеленый цвет. Между прозрачностью и биомассой фитопланктона существует обратная связь. В октябре—ноябре прозрачность уменьшается до 0,8 м за счет активного взмучивания донных наносов при сильных ветрах и шторах.

В зимний период происходит осветление вод, обусловленное прекращением воздействия ветрового волнения и течений на грунты, образованием сплошного припая, ослаблением процессов фотосинтеза и уменьшением развития планктона. После суровых зим (например, в 1967 и 1969 гг.) наблюдалась повышенная прозрачность вод в западной части Северного Каспия [199].

В табл. 9.3 и на рис. 9.3 представлены характеристики прозрачности воды по материалам наблюдений на «вековых» разрезах Северного Каспия за 1961—1983 гг.

## 9.2. Прозрачность воды в Среднем и Южном Каспии

В различных районах Среднего и Южного Каспия прозрачность не одинакова и увеличивается

Таблица 9.2

Повторяемость прозрачности воды в районе плавмаяка Волго-Каспийского за безледный период 1964—1965 гг.

Интервал прозрачности, м	$\leq 0,5$	$0,6—1,0$	$1,1—1,5$	$1,6—2,0$	$2,1—2,2$
Повторяемость, %	24	34	32	9	1

Таблица 9.3

Прозрачность воды (м) по белому диску на станциях "вековых" разрезов Северного Каспия (1961—1983 гг.)

Станция <sup>a</sup>	Сезон											
	весна (IV—V)			лето (VI—VII)			летне-осенний (VIII—IX)			осень (X—XI)		
	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.	Средняя	Макс.	Мин.
Разрез I												
1	0,9	2,0	0,2	1,6	2,7	0,5	1,8	3,0	0,5	0,9	3,0	0,2
2	1,1	3,0	0,4	2,1	4,9	0,8	1,5	4,0	0,8	0,8	1,5	0,2
3	1,3	3,0	0,3	2,0	5,0	0,5	1,2	2,8	0,5	0,9	2,8	0,2
4	1,5	5,0	0,3	2,1	4,7	0,5	1,4	2,5	0,5	0,9	2,5	0,2
5	1,4	4,0	0,3	1,9	4,0	0,5	1,2	2,0	0,5	1,2	2,6	0,5
6	1,7	4,0	0,4	2,0	4,0	0,5	1,8	2,5	0,8	0,9	2,0	0,3
7	1,6	4,6	0,4	1,8	4,6	0,5	1,5	2,2	0,8	1,3	3,0	0,3
8	1,9	5,0	0,4	2,0	3,9	0,5	1,4	2,0	0,3	1,0	1,4	0,4
9	2,3	5,0	0,8	1,8	4,0	0,5	1,6	3,0	0,4	1,0	1,2	0,5
10	2,2	3,9	1,0	2,2	4,2	0,6	1,7	3,6	0,2	1,1	2,0	0,5
Разрез II												
12	1,1	2,0	0,4	1,9	3,2	0,9	1,1	2,0	0,8	1,0	2,0	0,5
13	1,1	3,2	0,3	1,7	3,5	0,8	1,6	3,0	0,5	1,2	2,0	0,4
14	1,5	3,9	0,5	2,2	3,0	0,4	2,0	3,9	0,9	1,6	4,5	0,6
15	2,3	4,4	0,4	2,3	4,2	0,4	2,4	4,1	0,8	2,0	4,5	0,6
16	3,3	5,0	2,0	3,2	7,0	0,4	2,7	5,6	1,5	2,3	3,9	0,8
17	2,2	4,1	1,0	2,8	5,0	1,4	2,3	4,5	1,0	1,8	4,0	0,8
17 а	2,7	4,0	1,0	3,0	3,6	1,5	2,4	3,5	1,5	1,0	1,3	0,9
17 б	4,1	6,0	1,8	4,0	6,0	1,5	3,9	4,8	3,0	2,8	4,0	1,2
Разрез III												
18	0,9	1,8	0,4	1,2	2,0	0,6	1,0	2,0	0,5	1,1	2,5	0,3
19	1,2	2,0	0,4	1,2	1,8	0,8	1,4	2,2	0,7	1,2	3,3	0,1
20	1,7	3,0	0,5	2,1	3,6	1,0	2,1	3,5	1,2	1,9	4,0	0,5
21	2,4	3,5	0,9	3,2	7,3	1,5	3,5	6,5	2,0	3,2	5,5	1,9
22	5,2	10,5	1,8	4,7	10,2	1,5	6,3	10,0	3,0	8,0	11,0	3,0
23	7,3	12,4	2,9	6,0	10,0	3,5	8,1	12,0	5,0	8,3	12,0	4,6
24	8,6	12,5	5,8	7,0	10,0	3,0	6,1	6,8	5,0	7,9	10,3	7,0
25	10,0	15,0	7,0	7,2	14,0	4,0	7,8	12,0	4,0	8,2	10,0	7,1
Разрез III*												
1	0,8	1,5	0,4	1,0	2,0	0,5	0,8	1,5	0,5	-0,7	1,2	0,3
2	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,2	2,5	0,3	0,7	0,9	0,5
3	1,2	2,5	0,8	1,4	2,0	0,8	1,4	2,7	0,5	1,2	1,5	1,0
4	1,5	2,3	0,8	2,0	2,7	0,8	2,0	4,2	0,5	1,1	1,3	0,8
5	1,9	3,5	1,0	2,4	4,0	1,5	2,3	3,6	1,2	1,8	2,5	1,0
6	2,3	4,0	1,5	2,4	4,0	2,0	1,7	4,5	0,8	2,3	3,0	1,7
7	3,0	5,0	1,5	3,0	4,0	2,0	3,1	5,5	1,8	2,4	3,0	2,0
8	3,6	6,0	1,5	4,9	7,0	2,4	3,8	7,0	2,0	3,7	6,0	2,2
9	5,2	8,5	3,2	5,2	6,8	3,5	4,3	7,5	2,5	3,2	2,5	2,5
10	3,7	4,5	3,0	5,6	8,5	3,5	4,1	6,0	2,6	4,1	5,0	2,5

в сторону открытого моря. Минимальная прозрачность (несколько сантиметров) наблюдается у западного берега, вблизи впадения рек Самура, Куры и др. Эти горные реки, особенно в период паводка, несут большое количество взвешенных частиц, которые, попадая в море, значительно уменьшают прозрачность на большом расстоянии от берега.

Почти во все сезоны года прозрачность в центральной части моря порядка 10—15 м, а максимальное значение (21 м) наблюдалось в глубоководном районе Южного Каспия в августе 1968 г. на ст. 8 разреза о. Куриный Камень — о. Огурчинский.

К югу от границы с Северным Каспием на всех "вековых" и стандартных гидрологических разрезах, как правило, во все сезоны года прозрачность в западной части моря ниже, чем в восточной. Исключение составляет осенний сезон (рис. 9.4).

### 9.3. Цвет воды в Северном Каспии

Оценка пространственного распределения вероятности (%) цвета воды в Северном Каспии основ-

вана на определении процентного содержания наблюдавшихся интервалов\* [376], что дало возможность районировать акваторию Северного Каспия с учетом вероятности распределения того или другого цветового интервала. Однако на объективности оценки сказываются короткие ряды наблюдений в периоды, по которым строилось распределение (апрель — май, июнь — июль, август — сентябрь, октябрь — ноябрь).

Выделены четыре основных района (рис. 9.5): западный — от Волго-Каспийского канала на юг до линии о. Чечень — п-ов Мангышлак; северный — взморье Волги и район смешения вод (ориентированно он находится между 3- и 5-метровой глубинами); восточный — по меридиану 50° до о. Кулалы; центральный — к югу от северного района до линии о. Чечень — п-ов Мангышлак.

Основные особенности распределения цвета воды в Северном Каспии следующие.

\* Первый интервал включает номера шкалы цветности 1—III, 2-й — IV—VI, 3-й — VII—IX, 4-й — X—XII, 5-й — XIII—XV, 6-й — XV—XVIII, 7-й — XIX—XXI.

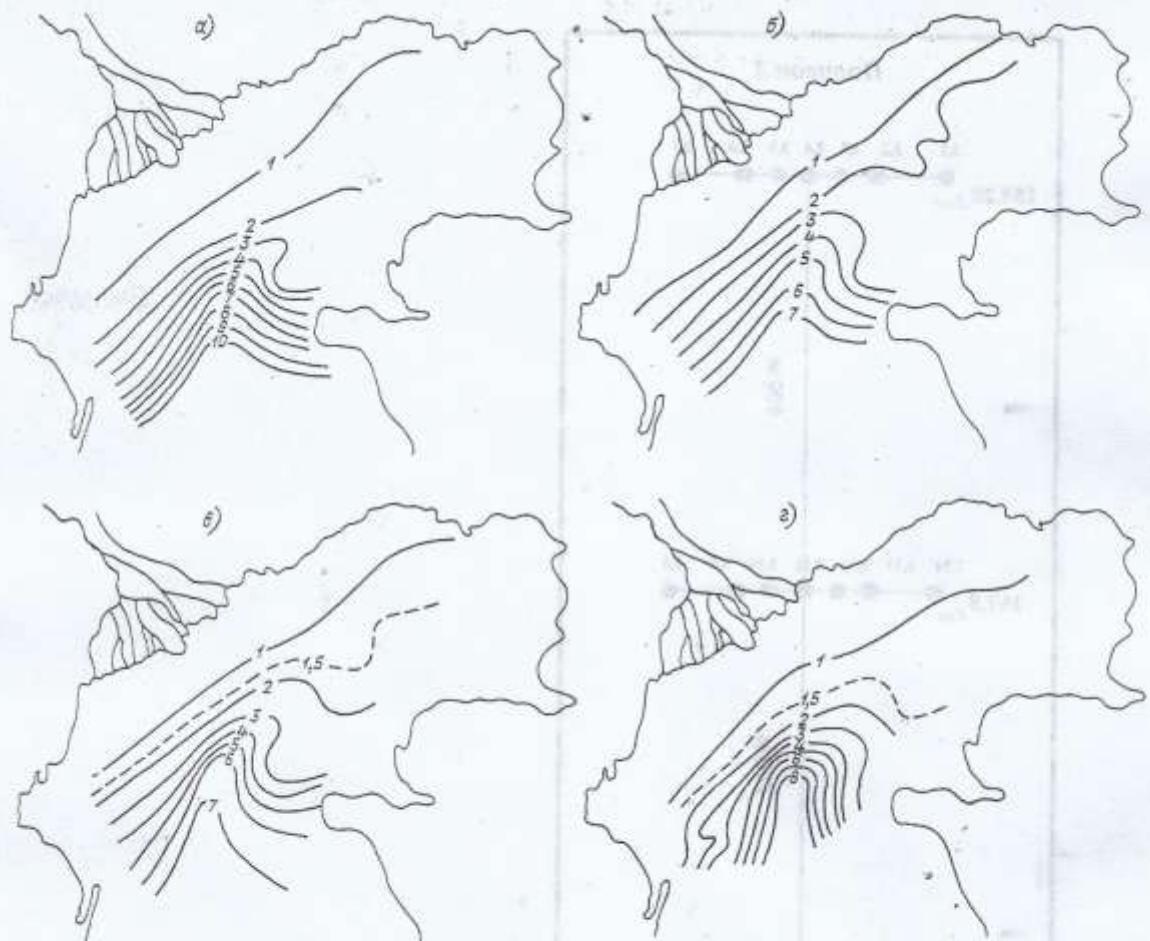


Рис. 9.3. Прозрачность воды (м) в Северном Каспии (1961—1983 гг.).  
а — апрель — май; б — июнь — июль; в — август — сентябрь; г — октябрь — ноябрь.

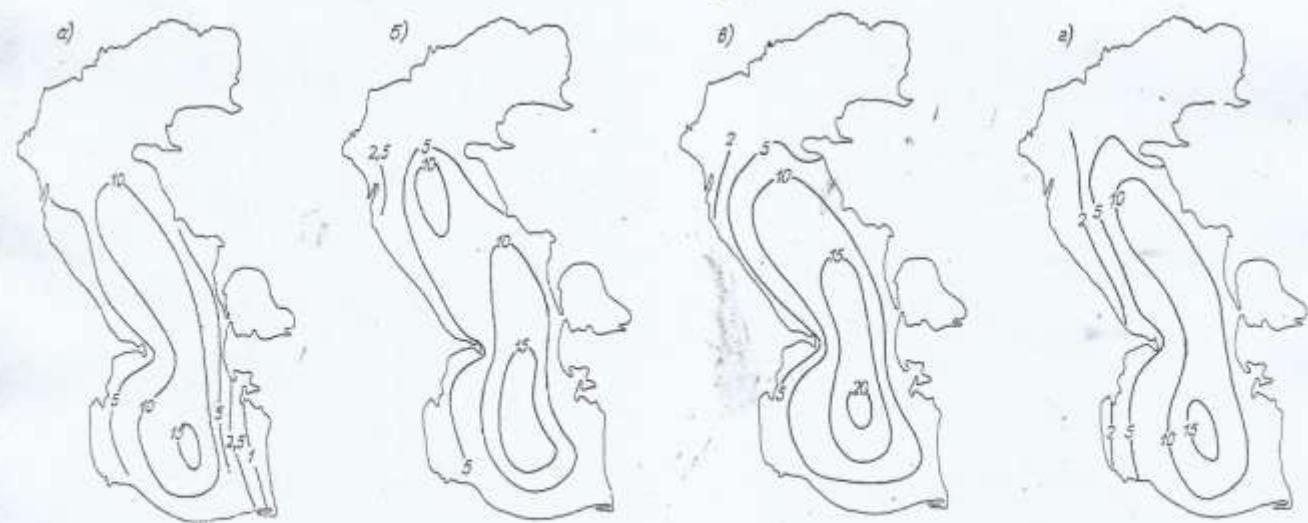


Рис. 9.4. Прозрачность воды (м) в Среднем и Южном Каспии в феврале (а), апреле (б), августе (в) и ноябре (г).

В апреле—мае 2-й цветовой интервал (рис. 9.6 а) с наибольшей вероятностью можно наблюдать в центральном районе на границе со Средним Каспием с уменьшением вероятности к север-



Рис. 9.5. Районирование Северного Каспия по цвету воды.  
Районы: 1 — западный; 2 — северный; 3 — центральный; 4 — восточный.

ному району, что обусловлено подтоком среднекаспийских вод под влиянием юго-восточных ветров.

Третий цветовой интервал (рис. 9.6 б) с вероятностью до 60 % наблюдается по всему северному

Пятый интервал (рис. 9.6 г) вклинивается на западе Северного Каспия под влиянием течений, которые переносят воды рек Терека и Сулака.

В июне—июле 2-й цветовой интервал (рис. 9.7 а) с вероятностью до 40 % наблюдается в центральном районе; с вероятностью 20 % — на границе с северным районом.

Распределение 3-го цветового интервала (рис. 9.7 б) в центральном районе похоже на распределение 2-го интервала, но с большей вероятностью на западе центрального района. В восточном районе наблюдаются воды с цветом 3-го интервала над Уральской бороздиной.

Четвертый цветовой интервал (рис. 9.7 в) в зоне смешения вод сохраняет прежние значения вероятности.

Пятый интервал (рис. 9.7 г) хорошо подчеркивает зону смешения и является переходным к 6-му интервалу.

В августе—сентябре 2-й цветовой интервал (рис. 9.8 а) практически не наблюдается из-за отсутствия перемешивания штормовыми ветрами, а также из-за большого содержания фитопланктона.

Третий интервал (рис. 9.8 б) с максимальной вероятностью 80 % наблюдается в центральном районе.

Четвертый интервал (рис. 9.8 в) с наибольшей вероятностью 60 % наблюдается на границе западного и центрального районов.

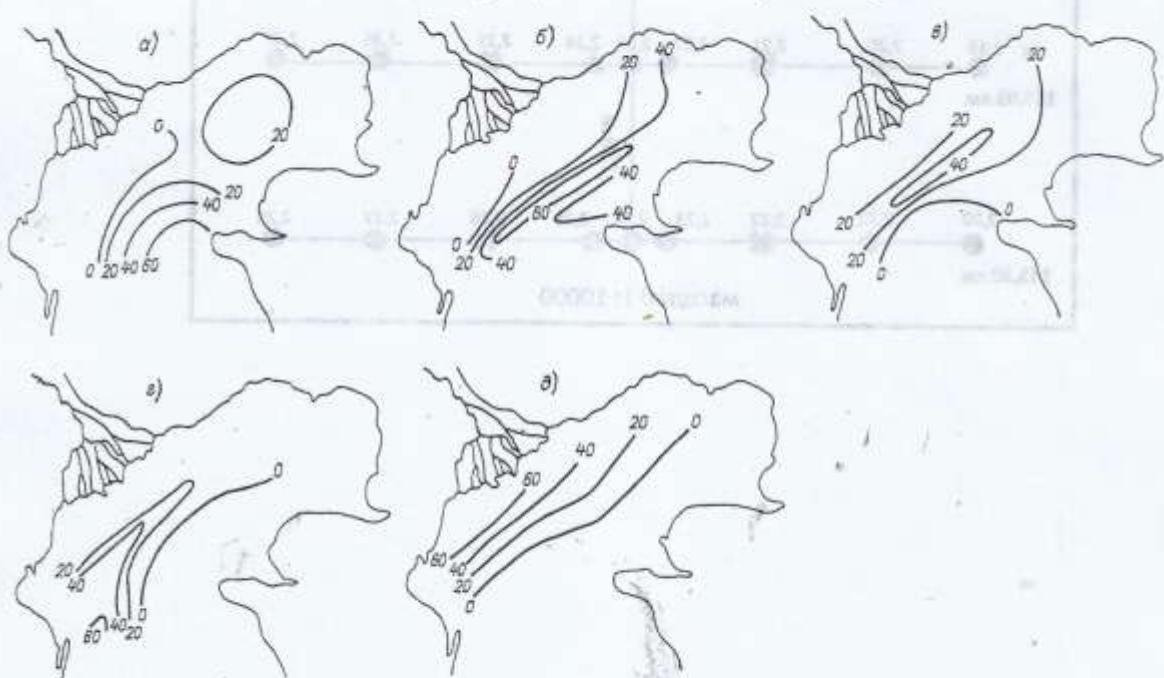


Рис. 9.6. Вероятность (%) цвета воды 2-го (а), 3-го (б), 4-го (в), 5-го (г), 6-го (д) и 7-го (е) цветовых интервалов (апрель—май).

району с явно выраженной зоной смешения волжских и среднекаспийских вод.

Четвертый интервал (рис. 9.6 в) наблюдается в зоне смешения с вероятностью 40 %, которая уменьшается ко взморью, где оказывается влияние стока волжских вод.

Пятый интервал вероятнее всего наблюдается в зоне смешения вод.

В октябре—ноябре на распространение воды 2-го цветового интервала (рис. 9.9 а) оказывает влияние приток среднекаспийских вод и отмирание фитопланктона из-за понижения температуры воды,

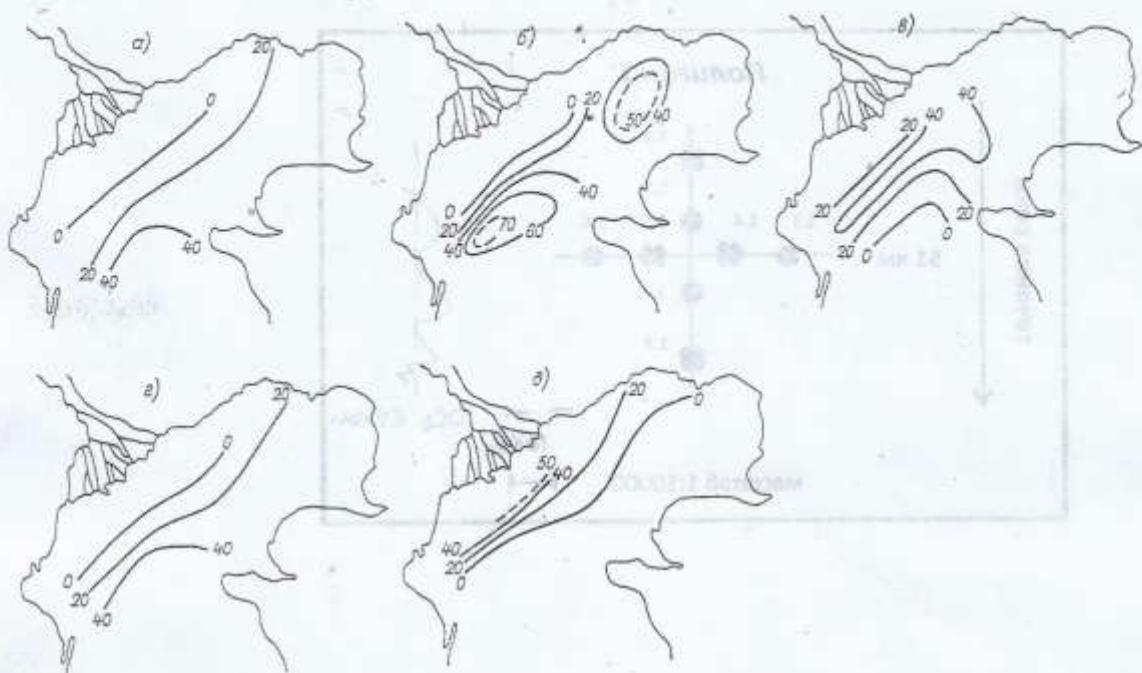


Рис. 9.7. Вероятность (%) цвета воды 2-го (а), 3-го (б), 4-го (в), 5-го (г) и 6-го (д) цветовых интервалов (июнь — июль).

В центральном районе наиболее вероятным является 3-й цветовой интервал (рис. 9.9 б).

В западном районе преимущественно наблюдается 4-й цветовой интервал (рис. 9.9 в). Это обусловлено поступлением взмученных вод Кизлярского залива, вызванным преобладающими западными ветрами.

Пятый цветовой интервал (рис. 9.9 г) с вероятностью 60 % наблюдается в зоне смешения вод.

Шестой цветовой интервал (рис. 9.6 д, 9.7 д, 9.8 г, 9.9 д) с вероятностью 100 % наблюдается на взморье р. Волги, т. е. в северном районе, с постепенным уменьшением до зоны смешения вод.

За весь период наблюдений 1-й цветовой интервал не зарегистрирован.

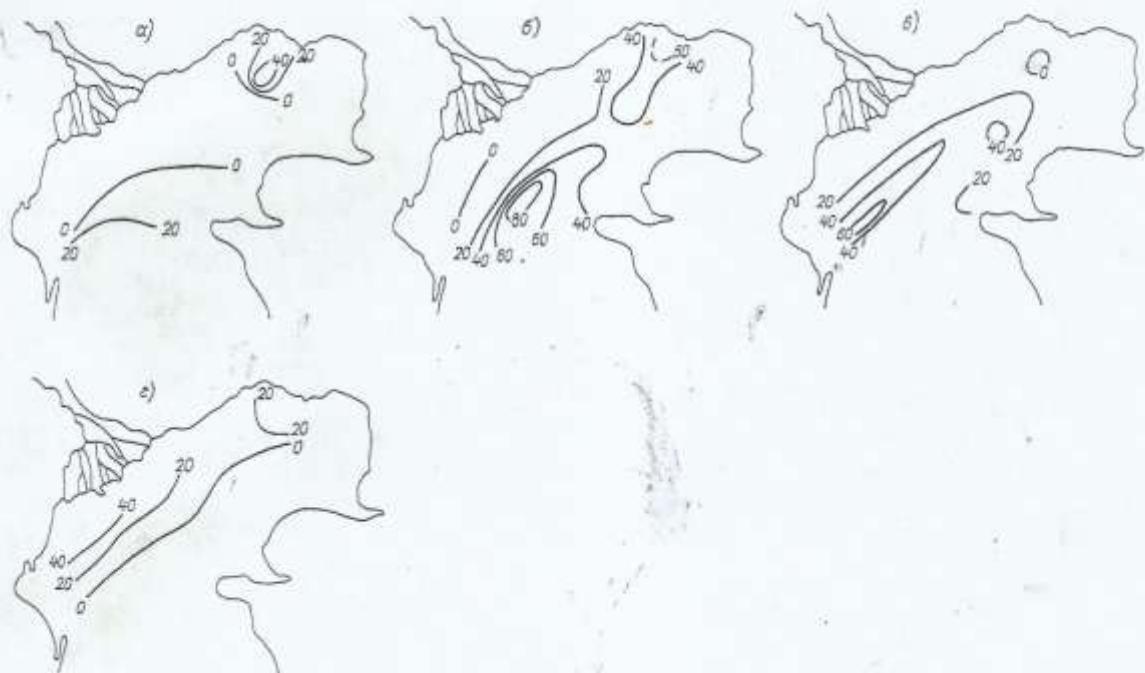


Рис. 9.8. Вероятность (%) цвета воды 2-го (а), 3-го (б), 4-го (в) и 6-го (д) цветовых интервалов (август — сентябрь).

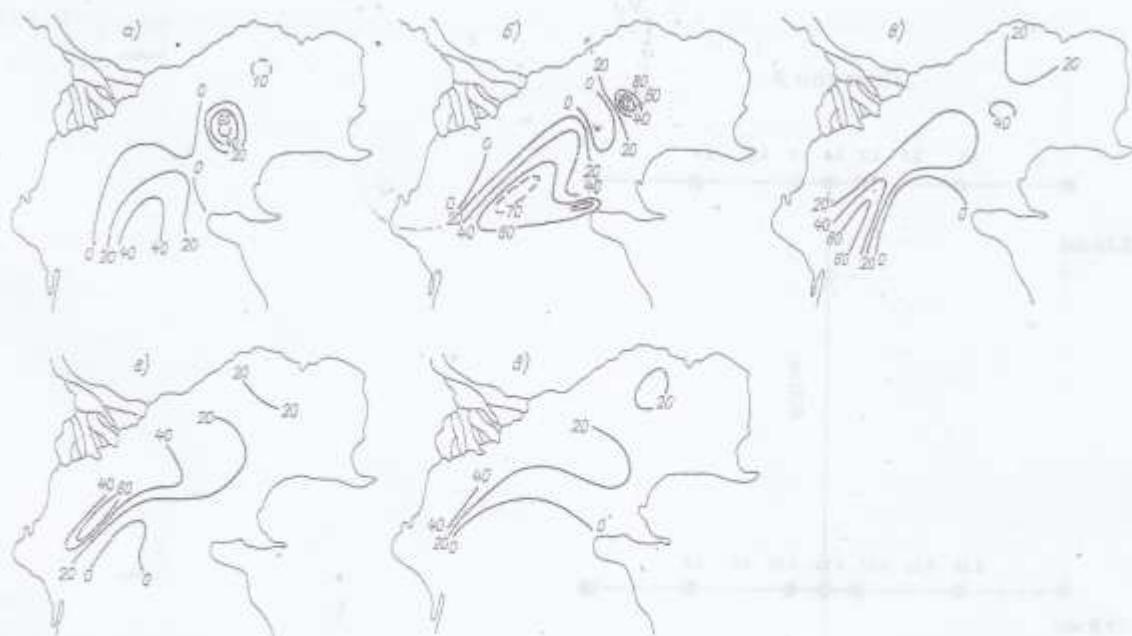


Рис. 9.9. Вероятность (%) цвета воды 2-го (а), 3-го (б), 4-го (с), 5-го (д) и 6-го (е) цветовых интервалов (октябрь — ноябрь).

#### 9.4. Цвет воды в Среднем и Южном Каспии

Оценка пространственно-временной изменчивости цвета воды в Среднем и Южном Каспии проводилась на основе анализа и обобщения наблюдений, выполненных на «зековых» и стандартных

калисль литературные источники, преимущественно рукописные.

Зимой большая часть акватории Среднего и Южного Каспия занята сравнительно однородными водами зеленовато-голубого цвета (номера шкалы цветности V и VI). Голубовато-зеленая вода

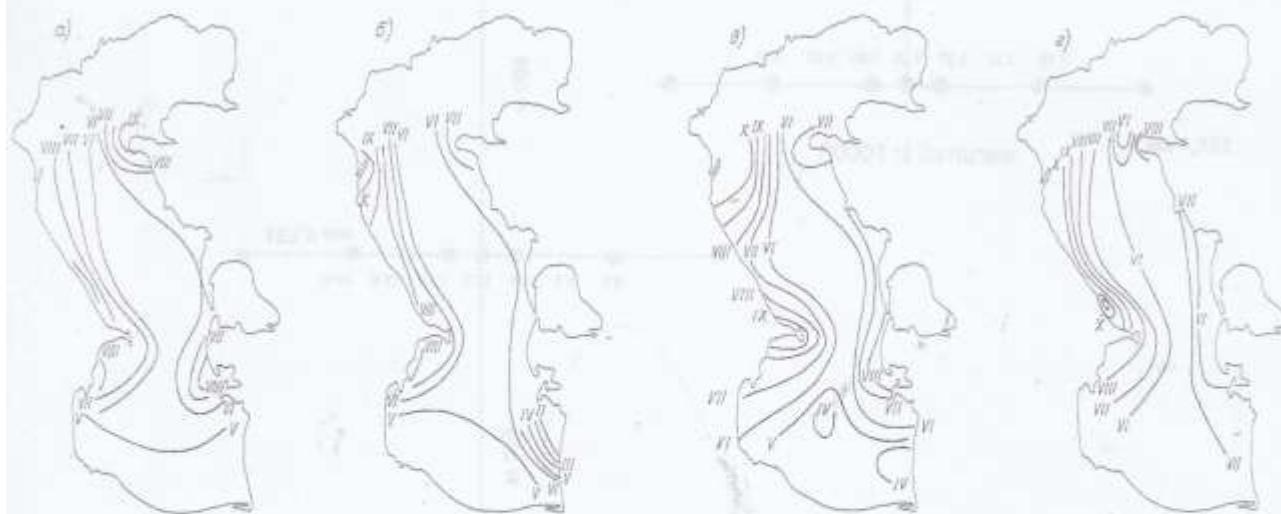


Рис. 9.10. Распределение цвета воды зимой (а), весной (б), летом (в) и осенью (д).  
Цифры — номера шкалы цветности.

гидрологических разрезах в характерные месяцы сезона (рис. 9.10). Исходными послужили данные с 1961 по 1983 г. Были вычислены среднемноголетние месячные значения и выбраны экстремальные по всем станциям «зековых» и стандартных разрезов. Для характеристики распределения цвета воды в прибрежной зоне и мелководных заливах привле-

(VII—VIII) простирается относительно широкой полосой вдоль западного и восточного побережья (см. рис. 9.10). Локальные районы с цветом (VIII—IX) находятся вблизи берегов: в западной части разреза Дивичи—Кендерли, на взморье Куры, в районе п-ова Манышлак и о. Огурчинского. Основными причинами появления зон воды зеленого

цвета является ветровое перемешивание, вызывающее взмучивание воды, а также смешение морской и опресненной воды.

Весной (апрель) вследствие неодинакового разви-тия фитопланктона вода в разных районах моря имеет различные оттенки. На цвет воды значительно влияют растворенные органические вещества, выносимые реками (см. рис. 9.10). Влияние речных вод проявляется на западной границе Северного и Среднего Каспия (IX—X). Наиболее сильная вода (I—II) наблюдается в юго-восточном районе Каспия.

Летом (август) влияние речного стока на цвет воды вдоль западного побережья прослеживается до Апшеронского полуострова и несколько южнее. Голубой цвет воды (IV) сохраняется небольшими зонами в Южном Каспии. На значительной акватории в Среднем и в Южном Каспии преобладает голубовато-зеленая окраска воды (VII—VIII).

Осенью (ноябрь) преобладает зеленовато-голубой (VI) и голубовато-зеленый (VII) цвет воды. Вдоль западного берега наблюдается в основном вода зеленого цвета (IX—X), а в отдельных районах, например в западной части разреза Дивичи—Кендерли, наблюдается вода с желтым оттенком

(XI—XII), что обусловлено в основном влиянием ветрового перемешивания вблизи берегов.

В общем цвет воды в средней и южной частях моря может изменяться в довольно широком диапазоне: от синего (I—II) до коричневато-желтого (XVII—XVIII). Так, в районе пос. Дивичи при сильно взмученной воде (прозрачность 1,75 м) на одной и той же гидрологической станции желтый цвет был зафиксирован дважды: в феврале 1967 г. (XV) и в ноябре 1966 г. (XVI), а в районе о. Огурчинского в 1965 г. наблюдался коричневато-желтый (XVII) цвет. Синий цвет (I—II) моря отмечался 6 раз на самых глубоководных станциях разрезов.

В Красноводском заливе цвет воды зеленоватый с буроватым оттенком, ближе к берегам — темно-зеленоватый, а в сторону моря постепенно изменяется на зеленоватый и далее на светло-зеленый.

В Туркменском заливе цвет воды в течение года изменяется от голубовато-зеленого до зеленовато-голубого (VII, VIII—V, XI). Осенью, зимой и в начале лета в районах с глубинами более 5 м преобладает зеленовато-голубой цвет (V и VI); в мелководных районах у восточного побережья цвет воды голубовато-зеленый (VII и VIII).