

## Глава 3

# ФОРМИРОВАНИЕ ГИДРОЛОГО-ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОЕМОВ МАНЫЧА

**О**собенности гидролого-гидрохимического режима водоемов бассейна р. Маныч, в первую очередь определяются физико-географическими условиями Кумо-Манычской впадины, расположенной на юге России на границе с Прикаспийской полупустыней. Район отличается резко выраженным аридным климатом, дефицитом водных ресурсов и неустойчивым почвенно-растительным покровом (рис. 13). Здесь более чем на 500 км протянулась водная система Маныч–чограй, включающая водоемы: Чограйское водохранилище, оз. Маныч-Гудило, Пролетарское, Весёловское и Усть-Манычское водохранилища. Система питается водами Кубани и Дона, а также Терека и Кумы и в определенной степени представляет собой узел, в котором сходятся природохозяйственные и социальные проблемы. Причем ключевую роль в этой системе играет оз. Маныч-Гудило, мелководный реликтовый водоем морского происхождения (Кривенцов, 1974; Гидрометеорологический режим ..., 1977; Лурье и др., 2001; Лурье, 2002).

В зависимости от климатических изменений уровни и размеры водоёмов постоянно менялись. До создания Пролетарского водохранилища площадь оз. Маныч-Гудило резко уменьшалась, и оно частично, а иногда и полностью, пересыхало (как, например, в 1881 и 1911 гг.), причём дно покрывалось слоем соли. В многоводные годы, например в 1885 и 1922 гг., озеро затапливало левобережье и верхнюю часть



Рис. 13. Ветровое волнение в прибрежной зоне Пролетарского водохранилища

долины на значительном расстоянии. При этом протяженность озера увеличивалась в многоводные годы по длине до 180 км, площади до 1 414 км<sup>2</sup>. В маловодные длина уменьшалась до 84 км, а площадь – до 543 км<sup>2</sup> (Самохин, 1958).

До 1932 г. гидрографическая сеть бассейна р. Маныч была естественной, и водные объекты были представлены реками, озёрами, лиманами и незначительным числом прудов. Густота речной сети на большей части составляла 0,2–0,3 км/км<sup>2</sup>.

Перестройка гидрографической сети р. Маныч происходила в три этапа.

На первом этапе (1932–1936 гг.) в собственно долине р. Маныч были созданы указанные ранее три водохранилища, в результате чего было затоплено много озер, расположенных в пойме реки, в том числе оз. Маныч-Гудило, которое стало частью Пролетарского водохранилища. На втором этапе (1949–1953 гг.) началось строительство многочисленных оросительных каналов и прудов на всех, даже небольших притоках рек Маныч, Егорлык, Калаус, Средний Егорлык и др. На р. Егорлык было создано несколько водорегулирующих водохранилищ, а оз. Сенгилеевское превращено в водохранилище. Пролетарское водохранилище в 1952 г. разделено Ново-Манычской дамбой на две части: короткую западную, примыкающую к Пролетарской плотине (западный отсек) и длинную восточную (восточный отсек, или оз. Маныч-Гудило). По Невиномысскому и Донскому магистральным каналам стала подаваться кубанская и донская вода. В результате началось опреснение Весёловского и западной части Пролетарского водохранилища. На третьем этапе (1965–1975 гг.) построены канал Кубань–Калаус, плотина в устье р. Калаус, перекрывшая сток воды р. Калаус в р. Восточный Маныч. В результате сток р. Калаус резко увеличился и р. Западный Маныч ниже устья р. Калаус стала полноводной, после чего даже в самые маловодные годы и месяцы в ней отмечается постоянный сток в Пролетарское водохранилище. В последующие годы продолжалось строительство новых водохранилищ и каналов, как основных, так и распределительных, что позволило резко увеличить орошаемые площади в Ростовской области и Ставропольском крае (рис.14).

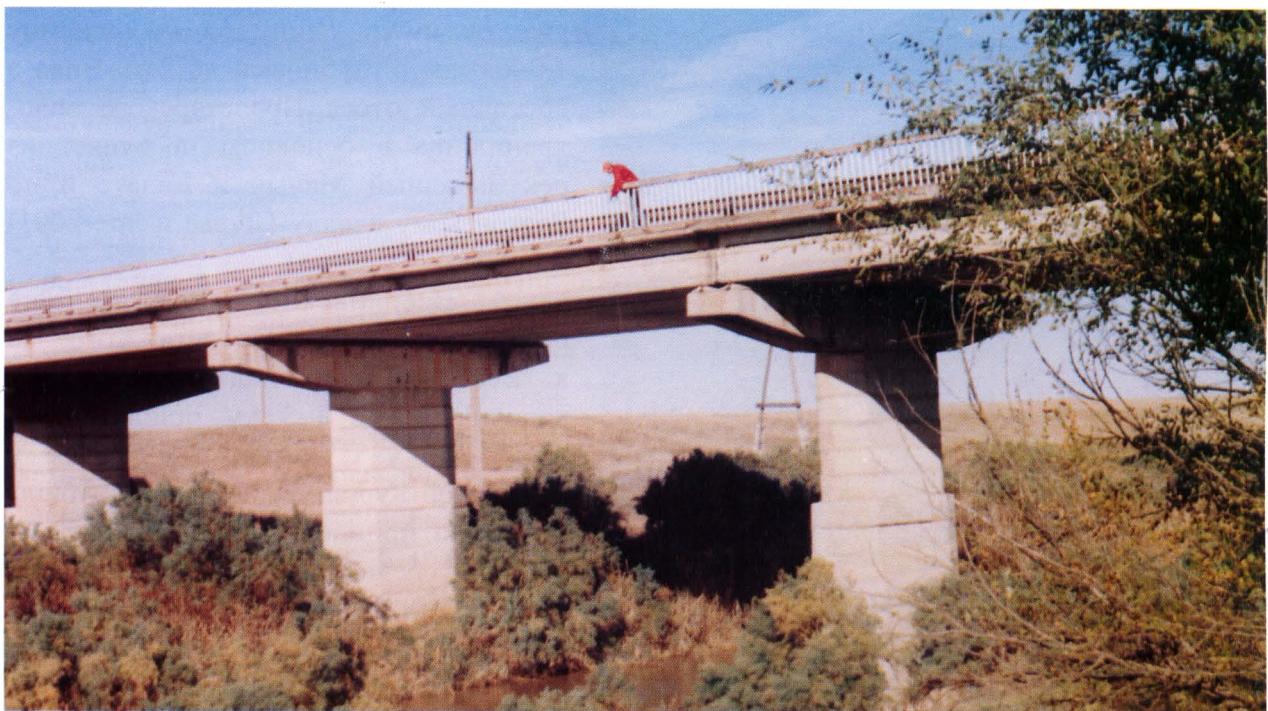


Рис. 14. Река Калаус

По происхождению водохранилища бассейна р. Маныч делятся на русловые, наливные и озёра-водохранилища. Преобладают русловые (Пролетарское, Весёловское, Усть-Манычское, Новотроицкое и др.). По данным (Государственный ..., 1986; Ресурсы ..., 1964; Справочник..., 1988; Лурье и др., 2001) всего в бассейне создано 35 водохранилищ общей площадью 1265,4 км<sup>2</sup> и полным объемом 4,2 км<sup>3</sup>. Наибольшие из водохранилищ Пролетарское (площадь – 798 км<sup>2</sup>; наибольшая длина – 178 км; полный объём – 2,031 км<sup>3</sup>), Весёловское (площадь – 246 км<sup>2</sup>; максимальная длина – 93 км; полный объём – 0,823 км<sup>3</sup>), Усть-Манычское (площадь – 73 км<sup>2</sup>; протяжённость – 62 км; полный объём – 0,072 км<sup>3</sup>). Лишь на них проводятся относительно постоянные гидрологические наблюдения.

Западный отсек Пролетарского водохранилища представляет собой плёс длиной 19 км, шириной 1,0–3,0 км с плоским дном и наибольшей глубиной 3,2–4,3 м. Уровень воды здесь выше, чем в восточном отсеке, и в нормальных эксплуатационных условиях через шлюз-регулятор в Ново-Манычской дамбе происходит отток воды в восточный отсек. В многоводные годы, наоборот, через шлюз-регулятор поступает вода из восточного отсека в западный. Основное количество воды поступает по р. Егорлык, а сбрасывается она через ГЭС и водовыпуск Пролетарской плотины в Весёловское водохранилище. Восточный отсек по морфологическим особенностям делится на три участка: западный, центральный и восточный. Первый представляет

собой удлинённый плёс длиною 43 км, шириной 1–3 км и наибольшими глубинами 2–3 м. Центральный имеет протяжённость 51 км и в основном сохраняет черты бывшего оз. Маныч-Гудило. Это наиболее широкая (8–10 км) и глубокая (до 7 м) часть Пролетарского водохранилища. Восточный участок имеет длину 65 км, ширину 1,0–6,0 км с глубинами до 2 м. Вода в восточный отсек Пролетарского водохранилища в основном поступает из рек Западный Маныч и Калаус и по Ростовскому каналу (Лурье и др., 2001) (рис. 15).

Весёловское водохранилище расположено ниже Пролетарского, до х. Весёлого. Преобладающая ширина водохранилища 1–3 км при наибольшей 5 км у х. Весёлого и 3,5 км у х. Степной Курган. Наибольшие глубины 7–8 м на приплотинном участке, 2,3–3,2 м в средней части и 1,4–1,5 м в верхней. Наполнение водохранилища в первые годы происходило только за счет местного стока. В настоящее время оно осуществляется в основном за

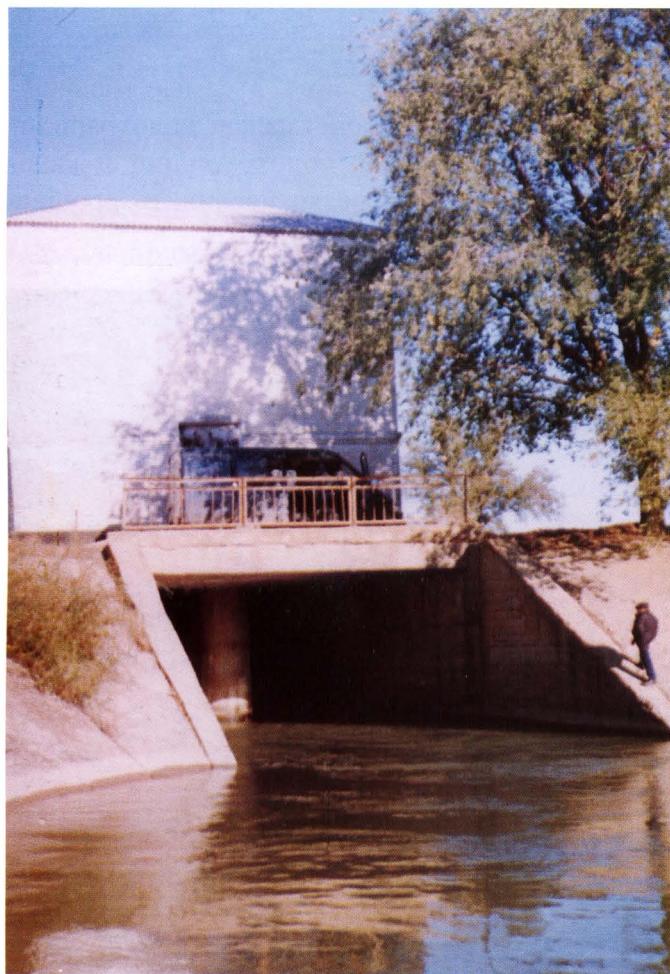


Рис. 15. Концевая ветвь Пролетарского канала

счет воды, поступающей из Пролетарского водохранилища (около 51%), а также донской воды, сбрасываемой через Донской магистральный канал в водохранилище по Садковскому, Ельмутинскому сбросам и по Пролетарскому распределителю (29%). В водохранилище впадают с правого склона р. Чепрак, балки Мокрая Ельмута, Солёная, Куцая, Сургучёва, а с левого – реки Соленка, Малый Егорлык, Мокрая Кугульта, балки Солёная, Сухая Кугульта, Балабина, Мечётинская и др. Береговая линия водохранилища протяжённостью 300 км очень изрезанная с разветвлёнными заливами из которых наиболее значительными являются залив Балка Большая Садковка, устьевая часть р. Чепрак. Акватория водохранилища, в основном заливы и устьевые части балок и лиманов, сильно заросла камышом и тростником (Лурье и др., 2001).

Усть-Манычское водохранилище представляет собой на большей части реку шириной 100–200 м с крутыми излучинами и тремя расширенными плёсами (лиманиями): Смеловским, Западенским и Шахаевским. Ширина русла на речном участке от Усть-Манычского гидроузла до Смеловского лимана протяжённостью 29 км составляет 100–150 м при наибольших глубинах 2,5–3,8 м в нижней части; 2,5–3,0 м – в средней и 2,0–2,5 м – в верхней. Основная часть воды поступает из Весёловского водохранилища. Весной водосливные отверстия плотины остаются открытыми и вода р. Дон протекает по руслу водохранилища практически до его конца у х. Весёлого.

Из других речных бассейнов вода поступает по Невиномысскому и Калаусскому (из р. Кубань), Садковскому каналам и Пролетарской ветви (из р. Дон). Вода из р. Дон поступает в западную часть бассейна р. Маныч, а из р. Кубань – преимущественно в восточную, и используется для орошения, обводнения и водоснабжения.

По указанным каналам из рек Дон и Кубань в бассейн р. Маныч перебрасывается 1,8–1,9 км<sup>3</sup> воды в год, из которых около 78% приходится на Невиномысский канал. Последние 10 лет в р. Егорлык поступает в среднем за год 43,3 м<sup>3</sup>/с кубанской воды. Внутригодовое распределение связано с режимом орошения. С мая по август ежемесячно расход воды в канале составляет 70–75 м<sup>3</sup>/с, зимой – от 15 до 30 м<sup>3</sup>/с. Среднегодовой расход воды в Калаусском канале при его впадении в реку – 2,34 м<sup>3</sup>/с, т.е. почти такой же, каким был в нижнем течении р. Калаус до строительства Калаусского канала. Вода из Большого Ставропольского канала подается в течение 9 месяцев года (кроме зимы). Расходы воды максимальны в июне-октябре и в среднем составляют 3–5 м<sup>3</sup>/с при максимуме 6–7 м<sup>3</sup>/с в отдельные годы и месяцы. Каналы Садковский и Пролетарская ветви начинаются от Донского магистрального канала и подают воду в Весёловское водохранилище и западный отсек Пролетарского водохранилища. В последние годы по ним подаётся соответственно 300–476 и 40–100 млн. м<sup>3</sup> воды. В 1993–1996 гг. по ним за год в Весёловское водохранилище поступало 299–475, а в Пролетарское – 9,2–8,9 млн. м<sup>3</sup> воды. По левой ветви Правоегорлыкского канала остаточные после орошения воды сбрасываются в р. Калаус среднегодовым расходом 0,5 м<sup>3</sup>/с. Сбросы воды отсутствуют в январе–марте, а в некоторые годы – и в декабре. Летом сбросы воды в р. Калаус составляют 1,00–1,15 м<sup>3</sup>/с при наибольших весной и осенью, когда в отдельные годы они достигают 1,50–2,08 м<sup>3</sup>/с (Государственный доклад..., 1999; Лурье и др., 2001).

Ниже приводятся характеристики гидрологического режима водохранилищ, полученные на основе анализа материалов наблюдений станций Госкомгидромета, а также данных учреждений других ведомств и литературных источников.

### Уровенный режим

Внутригодовые и межгодовые изменения уровня определяются притоком кубанских и донских вод, их сработкой и заборами оросительно-обводнительными каналами. На режим уровней влияет межводохранилищный обмен водой. Наибольшие изменения уровня отмечаются в нижних частях, а наименьшие – в верхних, где в зоне выклинивания в течение всего года колебания уровней близко к ходу уровней в реке.

Максимум уровней обычно приходится на апрель–май, что связано с весенним снеготаянием, а минимум в октябре–ноябре (Пролетарское), либо январе (Весёловское, Усть-Манычское). После наполнения водохранилищ в апреле–мае начинается сработка воды, поэтому уровни в них летом и начале осени снижаются. Спад продолжается до октября–ноября, после чего отмечается незначительное его повышение, связанное с уменьшением подачи воды на орошение и сокращением испарения. В августе–сентябре в западном отсеке Пролетарского и в Весёловском водохранилищах происходит небольшой подъём уровня воды, вызванный значительными попусками воды из Новотроицкого водохранилища в условиях сокращения подачи воды на орошение. Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды небольшая: на Пролетарском – 33 (восточный отсек) и 27 (западный отсек) см; на Весёловском – 12 см; на Усть-Манычском – 55 см. Сильные ветры восточных и западных направлений вызывают сгонно-нагонные колебания уровня воды, достигающие на Пролетарском водохранилище 90–100 см, а на Весёловском 50–60 см (Гидрометеорологический режим..., 1977).

В Пролетарское водохранилище кубанская вода стала поступать с 1948 г. и уже к 1952 г. его уровень в западном отсеке достиг проектной отметки. В последующие годы среднегодовые уровни отличались от среднего значения на 30–122 см. Особенно низкими уровнями были в 1953–1954 гг., а наиболее высокими – в 1958 г., когда в течение года уровень воды отличался от уровня ближайших лет на 130–140 см. Во все годы, кроме 1953–1954 гг., среднегодовой уровень воды в западном отсеке был выше, чем в восточном на 73–101 см в 1953–1956 гг., на 52–69 см в 1957–1960 гг., на 30–48 см в 1961–1964 гг. и на 15–67 см в 1965–1980 гг. В Весёловское водохранилище кубанская вода стала поступать с 1949 г., а донская – с 1958 г. Уровень воды в водохранилище достиг проектной отметки в 1950 г. Особенno резко уровень повысился за 1949–1950 гг. – почти на 250 см. После этого среднегодовые уровни отклонялись от среднего мало: в 1953–1963 гг. – на 25–68 см, в 1972–1980 гг. – на 6–8 см (Кривенцов, 1974; Гидрометеорологический режим..., 1977; Лурье и др., 2001).

### Термический и ледовый режимы

Особенностью термического режима Манычских водохранилищ является высокая температура воды летом и относительная однородность её в пространственном отношении вследствие высокой гидродинамической активности. Разница в температуре воды на поверхности обычно не превышает 2–3 °С. Наиболее значительно вода прогревается в глубоко вдающихся в сушу бухтах и заливах. Большую часть года изменения температуры воды с глубиной не отмечаются и только в мае–июне её значения на поверхности несколько выше, чем в придонном слое. При этом максимальная разность температуры на поверхности и на дне в Весёловском водохранилище составляла 1–2 °С, а в Пролетарском – 0,4 °С.

Минимум температуры воды отмечается в январе, а максимум в июле. В январе и первой–второй декадах февраля на Пролетарском водохранилище отмечается отрицательная температура воды ( $-0,1\ldots-0,5$  °С), что связано с высокой минерализацией воды на Пролетарском водохранилище, достигающей 25 г/л и более. С января

температура постепенно повышается, составляя в марте в среднем 2,3–2,4 °С; в апреле 9,9–11,9 °С. На июль приходится наиболее высокая температура, достигающая 23,5–24,0 °С. После июля температура воды понижается до 9,7–10,6 °С в октябре и до 1,1–1,3 °С в декабре. Максимальная температура воды отмечается в июне–июле, достигая 33,3 °С на Пролетарском водохранилище (с. Красный Маныч, 24.07.1976 г.) и 29,6 °С на Весёловском (Весёловский гидроузел, 28.06.1980 г.). Переход температуры воды весной через 0,2, 4 и 10 °С происходит на Пролетарском водохранилище на 5–10 дней раньше, чем на Весёловском, что связано с меньшими его глубинами и соответственно более быстрым прогреванием воды. Осеню переход температуры воды через эти значения происходит почти одновременно, поскольку на Весёловском водохранилище в районе пункта наблюдений отмечается глубина до 10 м и вода долго не охлаждается (Кривенцов, 1974; Гидрометеорологический режим..., 1977; Лурье и др., 2001).

Первые ледовые явления на водохранилищах в виде заберегов, блинчатого льда, сала и редко шуги отмечаются в среднем в первой декаде декабря. Ледостав начинается в его третьей декаде. Характер ледового покрова меняется в зависимости от метеорологических условий. Нередко он состоит из смёрзшегося льда различного происхождения, на берегах могут образовываться навалы льда, а в открытой части водохранилищ – торосы. Оканчивается ледостав во второй декаде марта. Средняя продолжительность ледостава 81–91 день при минимуме 5–13 и максимуме 116–141 день. Разрушение ледяного покрова начинается в конце февраля–первой декаде марта. Очищение Пролетарского водохранилища происходит в третьей декаде марта, а Весёловского во второй. Средняя толщина льда на водохранилищах незначительна, что в основном объясняется повышенной минерализацией воды. В конце февраля толщина льда достигает 60–70 см (Лурье и др., 2001; Лурье, 2002).

#### Режим наносов, процессы абразии

Вследствие поступления со стоком рек взвешенных и влекомых наносов, переформирования берегов происходит заилиение Манычских водохранилищ (рис. 16). Речные наносы в них поступают, главным образом, со стоком рек Калаус, Егорлык и Средний Егорлык. Многолетний средний сток взвешенных наносов указанных водотоков составляет соответственно 910, 690 и 2,5 тыс. т, а влекомых – 1,0, 7,9 и 0,095 тыс. т (Ресурсы поверхностных..., 1973). Наносы р. Калаус в Пролетарское водохранилище поступают не полностью вследствие аккумуляции их основной массы на участке до впадения его в западный Маныч и особенно в оз. Лы-

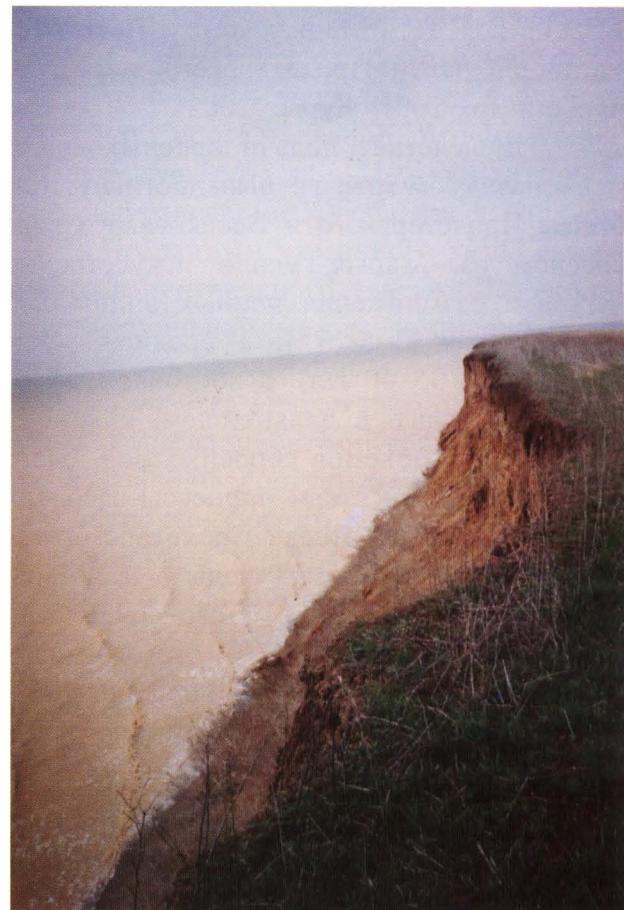


Рис. 16. Абразионный берег на Маныче в районе заповедника «Орловский»

сый Лиман. Наносы рек Егорлык и Средний Егорлык поступают в западный отсек Пролетарского водохранилища, где большая их часть аккумулируется и только незначительная попадает в Весёловское и Усть-Манычское водохранилища. Мутность, определяемая стоком р. Егорлык, распространяется в западном отсеке до 6–7 км, а обусловленная стоком р. Средний Егорлык до 1–2 км (Клюева, Долженко, 1983; Лурье и др., 2001; Лурье, 2002).

Скорость размыва берегов Пролетарского водохранилища достигает 2–5 м/год, т.е. несколько больше, чем на Весёловском водохранилище (1,5–2,9 м/год). Интенсивность залежания Манычских водохранилищ постепенно уменьшается. Так если в 1932–1974 гг. сюда поступило 112 млн.т седиментационного материала или 2,67 млн.т/год, то в дальнейшем его ежегодное поступление составило примерно 2,13 млн.т. Всего же за 1932–1999 гг. оно составило около 165 млн. т.

### **Гидрохимический режим рек и водохранилищ**

Химический состав вод бассейна р. Маныч обусловлен физико-географическими условиями его формирования. Дефицит увлажнения относится к факторам, способствующим повышению минерализации вод. Литологический состав пород бассейна обуславливает вымывание из них, в первую очередь, легкорастворимых хлористых солей кальция и магния, затем растворимых сульфатов магния, в дальнейшем, карбонатов кальция и магния. Минерализация в бассейне существенна и в значительной мере связана с распространением здесь солончаков и солончаковых почв. В реках Егорлык и Калаус общая минерализация в некоторые годы достигает 5–7 г/л. Минерализация вод Усть-Манычского и Весёловского водохранилищ составляет 0,5–1,5 г/л, а восточной части Пролетарского – 25 г/л и более (Государственный доклад..., 1999; Лурье и др., 2001; Лурье, 2002).

Вследствие подачи пресных вод из бассейнов рек Дон и Кубань (1948–1968 гг.) к началу 1970–х гг. был достигнут оптимальный режим минерализации западного отсека Пролетарского и Весёловского водохранилищ (около 1,0–1,2 г/л). В природно-солёном оз. Маныч-Гудило искусственно были созданы уникальные условия для нагула и размножения ценных видов рыб. В западной части образовался опреснённый участок (3–5 г/л), в средней – сильно осолонённый участок, или «солевая пробка» (до 35–40 г/л), в восточной части – незначительно осолонённый участок (до 5–7 г/л). Однако в дальнейшем, к концу 1980–х гг. с ростом площадей орошаемого земледелия и объёмов сбросных вод, благоприятный режим солёности был нарушен и преобладающими стали процессы засоления водоёмов. Минерализация воды Весёловского и западного отсека Пролетарского водохранилища повысилась до 3 г/л. К весне и лету 1990 г. солёность воды в оз. Маныч-Гудило, в среднем, составляла уже 20–25 г/л, достигая 30–35 г/л. Запас солей с 1951 г. вырос втрое. Это вызвало массовую гибель всех видов рыб. С этого момента ввиду неудовлетворительного состояния Ново-Манычской дамбы осолонённые водные массы оз. Маныч-Гудило стали представлять опасность для нижележащих водохранилищ. Поэтому с 1998 г. началась её реконструкция. Из работ отражающих солевой режим этого периода можно отметить следующие исследования (Кривенцов, 1974; Круглова, 1962; 1972; Леонов, 1979; Александрова и др., 1981; Александрова, 1987; Форш, 1970; Арефьева, 1977; Кравцова, 1989; Жукова, 1987; 1988; 2000; 2001 и др.), последующих лет (Витковский, 2000; Витковский и др., 1995; 1997; 2003; Frolov, Sanin, 1993; 1995; Фролов, 2000; Лурье и др., 2001; Лурье, 2002 и др.).

Ниже приводится анализ результатов, полученных указанными исследователями по гидрохимическому режиму Манычских водохранилищ.

Весёловскому водохранилищу и западному участку Пролетарского свойственны слабосолоноватые (олигогалинные) воды с солёностью 0,5–3,8‰, центральному и восточному участкам среднесолоноватые (мезогалинные) – 4–18‰ и сильносолоноватые – до 20–33‰. С запада на восток по акватории водохранилищ изменяется и качественный состав воды: из сульфатно-натриевой и хлоридно-сульфатно-натриевой она превращается в хлоридно-натриевую III магниевого типа (Кривенцов, 1974; Арефьева, 1977;), по содержанию хлоридов занимая промежуточное положение между Каспийским и Аральским составом солей. Переход вод в хлоридно-натриевый класс происходит в довольно узком интервале: в пределах 2–3 до 5‰. С дальнейшим ростом солёности соотношение ионов меняется незначительно (Кравцова, 1989). В пределах олигогалинных вод в ионном составе катионы натрия преобладают над анионами хлора, что характерно для континентального типа вод. В мезогалинной области (с 5‰) начинается незначительное преобладание хлора над натрием, которое становится более отчётливым при дальнейшем повышении солёности. В результате состав вод приобретает определённую «морскую» специфику, появление которой является одним из закономерных этапов развития континентальных водоёмов в аридных и савиаридных областях (Форш, 1970).

Исследования ионного состава Манычских водохранилищ за период с 1979 по 1982 гг. (Александрова, 1987) показали, что доминирующими ионами в водах Весёловского и межплотинном участке Пролетарского водохранилища являются сульфаты (43–45%экв.) и натрий (26–29%экв.), индекс воды  $S^{Na}_{II}$ . Внутригодовые изменения в содержании главных ионов согласуются с изменениями минерализации, величина которой колеблется в пределах 1,5–2 г/л и 1,7–2,4 г/л соответственно. В центральной части Пролетарского водохранилища преобладают сульфаты (17–21%экв.), хлориды (26–31%экв.) и натрий (30–36%экв.). Величина минерализации колеблется в широких пределах – от 3,4 до 16 г/л, индекс воды  $S\text{-}Cl^{Na}_{II}$ . По данным указанного выше автора для Весёловского водохранилища, межплотинного и центрального участков Пролетарского водохранилища характерно постоянство соотношений между доминирующими ионами. Установлены количественные зависимости минерализации от концентрации главных ионов. Для Весёловского и межплотинного участка Пролетарского водохранилища они аппроксимируются уравнениями прямой с коэффициентами корреляции между минерализацией и содержанием сульфатов 0,91 и 0,98 соответственно. Для центральной части Пролетарского водохранилища наиболее существенна связь ( $r=0,88$ ) между минерализацией и суммой сульфатов и хлоридов.

Анализ динамики водно-солевого режима оз. Маныч-Гудило с 1951 по 1989 гг. (Frolov, Sanin, 1993; Frolov, Sanin, 1995; Фролов, 2000) показал, что в нём произошло увеличение запаса солей более чем в 3 раза, что привело к значительному осолонению водоёма. Несмотря на это, ионный состав озёрной воды (соотношение главных ионов) практически не изменился (табл. 4). Так, отношение концентраций  $Mg^{2+}$  и  $Ca^{2+}$  менялось за эти годы от 1,8 до 2,1 раза. Воды оз. Маныч-Гудило по соотношению основных солесодержащих ионов занимают некоторое промежуточное положение между гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевым типом вод континентального засоления и хлоридно-натриевым типом морских вод. Озёрные воды в целом по классификации (Алёкин, 1970) относятся к хлоридному классу группы натрия III (магниевого) типа. Для них характерна фация  $Cl^- \text{-} Na^+ \text{-} SO_4^{2-}$ .

Таблица 4

**Солёность, запасы солей и содержание растворённых ионов в воде  
оз. Маныч-Гудило (Frolov, Sanin, 1995; Фролов, 2000)**

Год	Средняя солёность, г/л	Среднее содержание, г/л						Запас солей, млн.т
		Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	
1953	12,15	3,228	0,314	0,597	5,276	2,583	0,156	13,18
1956	10,98	2,853	0,327	0,541	4,667	2,430	0,161	18,16
1960	14,50	3,747	0,415	0,745	6,193	3,244	0,160	23,16
1963	13,25	3,390	0,386	0,670	5,382	3,229	0,190	27,08
1989	22,22	5,524	0,615	1,236	8,612	5,945	0,289	47,71

Сведения о минерализации и ионном составе вод водохранилищ последующих лет отличаются крайней дискретностью, неопределенностью в количественных оценках и качественной неоднородностью многолетних рядов. Например, несмотря на сложившееся мнение о прогрессирующем засолении водоемов и водотоков бассейна р. Маныч, в литературе почти нет конкретных данных экспедиционных исследований, подтверждающих на практике это положение на количественном уровне. Более того, из имеющихся редких сведений вытекает даже противоположный вывод в отношении Усть-Манычского, Веселовского и западного отсека Пролетарского водохранилища. В материалах АзНИИРХ (Черкашина и др., 1996; 1997; 1998; Витковский, 2000; Порошина, 2002) приведены данные о том, что в целом средняя минерализация в Манычских водоемах за период 1999–2001 гг. снизилась по сравнению с 1991–1993 гг. в 1,2 раза и составляла в Усть-Манычском и Веселовском водохранилищах около 1,2–1,3 г/л, а в приплотинной части западного отсека Пролетарского – лишь около 0,9 г/л. Эти значения соответствуют параметрам оптимального солевого режима, сформировавшегося в начале 1970-х годов. По другому источнику той же организации (Витковский, 2000), в 1993–1999 гг. средний уровень минерализации Усть-Манычского водохранилища составлял 1 г/л, Веселовского и межплотинного участка Пролетарского 1,3–2,4 г/л, а оз. Маныч-Гудило – 35 г/л. При этом и оценка солевого состава водоемов противоречит результатам фундаментальных исследований в этой области специалистов (в том числе и АзНИИРХ) предшествующего периода. По данным указанных выше сотрудников АзНИИРХ, воды Усть-Манычского, Веселовского и западной части Пролетарского водохранилища, относятся к хлоридному классу группы кальция, а в 2001 г. даже к гидрокарбонатному группе магния, в то время как по материалам предшествующих исследований, в том числе и АзНИИРХ, они до середины 1980-х гг. относились к сульфатному классу группы натрия. Эти результаты не адекватны направлению воздействий реальных солеформирующих процессов природного и антропогенного происхождения, многолетней динамике водного и солевого стока р. Б. Егорлык, что видно из рисунка 17, построенного нами на основе анализа результатов собственных наблюдений, материалов Гидрометслужбы и Батайской гидрогеологомелиоративной партии. По данным последнего источника среднегодовая минерализация р. Б. Егорлык в 1999–2000 гг. составляла 2,0–2,2 г/л, а Веселовского и западной части Пролетарского соответственно 1,7–2,0 и 1,9–2,0 г/л, что, как показали наши экспедиционные исследования, ближе к истине, чем данные АзНИИРХа.

Поэтому крайне необходимы были экспедиционные исследования и оценка современного состояния солевого состава, минерализации водоемов бассейна р. Ма-

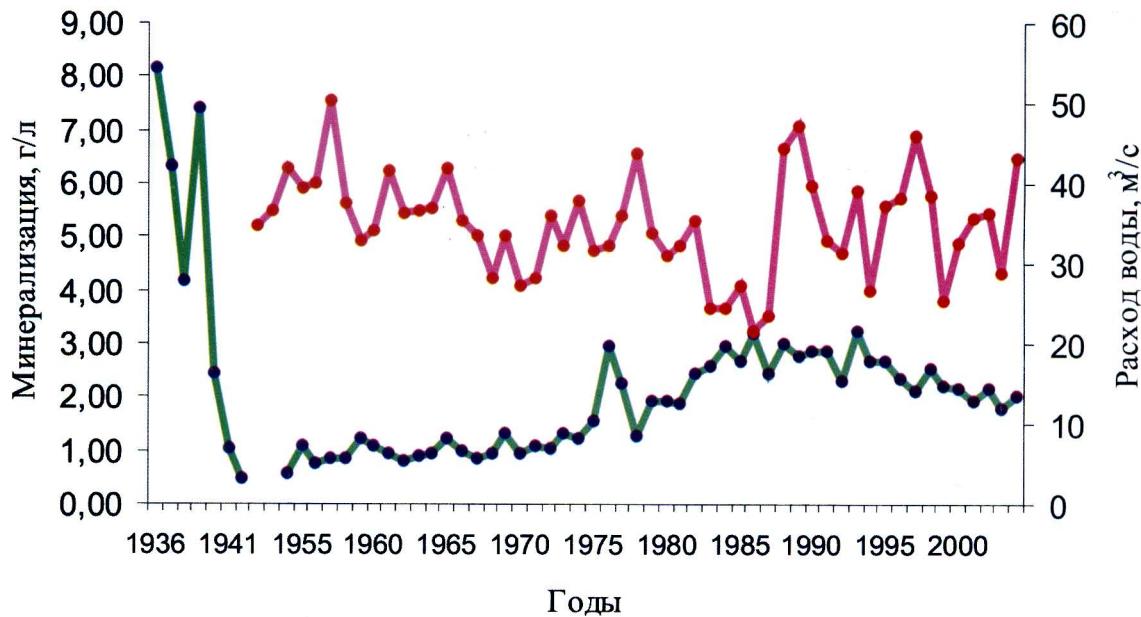


Рис. 17. Годовая динамика расходов и минерализации воды р. Б. Егорлык в 1936–2004 гг.  
(Построено по данным Гидрометслужбы, Батайской гидрогеологомелиоративной  
партии, АФ ММБИ КНЦ и ЮНЦ РАН)

ныч и особенно оз. Маныч-Гудило. С этой целью сотрудниками АФ ММБИ КНЦ и ЮНЦ РАН в весеннее, летнее и осеннеевремя 2004 г. были выполнены экспедиционные съемки гидрохимического режима водоемов и водотоков бассейна р. Маныч.

По данным исследования Азовского филиала Мурманского морского биологического института КНЦ РАН (29.04–05.05.2001 г.) соленость вод оз. Маныч-Гудило в мелководных и слабопроточных его частях достигала 24–25‰. В конце апреля–начале мая 2004 г. концентрации хлор-иона в водах оз. Маныч-Гудило составляли 13–16 г/л, а в отдельных водоёмах (оз. Грузские) до 42–46 г/л. В Веселовском водохранилище концентрация этого иона составляла 0,27–0,57 г/л, в р. Калаус – 0,62, в Терско-Кумском канале – 0,73 г/л.

По данным анализа проб воды, отобранных в оз. Маныч-Гудило в июле 2004 г. во время экспедиции АФ ММБИ КНЦ и ЮНЦ РАН, его минерализация составила в среднем 32–37 г/л (при колебаниях в отдельных точках от 5–10 до 32–49 г/л), т. е. по сравнению с концом 1980-х гг. она повысилась примерно на 10–13 г/л (в 1,5 раза), а относительно 1950-х и 1960-х годов – на 17–22 г/л (в 2,5–3,0 раза). При этом концентрация  $\text{Ca}^{2+}$  осталась почти на уровне конца 1980-х гг., но оказалась в 1,5–2,0 раза выше, чем в предшествующие годы (1950–1960-е). Для большинства остальных растворенных в воде оз. Маныч-Гудило ионов характерен рост концентраций по сравнению с 1950–1960 и концом 1980-х гг. в 2–4 раза. Исключение составляет  $\text{HCO}_3^-$ , концентрация которого несколько уменьшилась, но все же выше, чем в 1953, 1956, 1960, 1963 гг. Это еще раз подтверждает вывод о том, что протекающие в оз. Маныч-Гудило процессы метаморфизации ионного состава поступающей смеси речной воды и коллекторно-дренажных вод ведут к тому, что среднее содержание  $\text{HCO}_3^-$  по мере роста общей минерализации озерной воды снижается (Кривенцов, 1974; Фролов, 2000) (табл. 4, 5).

Таблица 5

**Содержание растворенных ионов в водах Манычских водохранилищ по данным экспедиции ЮНЦ РАН и АФ ММБИ КНЦ РАН 5–16 июля 2004 г.**

Уровни концентраций	Жесткость, мг-экв/л	Содержание ионов, г/л						Сумма ионов, г/л
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	
<b>Восточная часть Пролетарского водохранилища</b>								
X <sub>ср</sub>	176,1	0,614 30,6	1,769 145,5	11,569 326,4	9,067 188,8	0,213 3,48	8,562 342,5	31,794 1037,28
min	16,0	0,143 7,1	0,097 8,0	0,350 9,9	1,729 36,0	0,13 2,12	1,299 52,0	5,195 166,5
max	228,3	0,846 42,2	2,353 193,6	18,250 514,8	13,112 273,0	0,259 4,24	14,061 562,5	48,713 1581,54
<b>Западная часть Пролетарского водохранилища</b>								
X <sub>ср</sub>	15,7	0,13 6,5	0,112 9,3	0,356 10,0	0,872 18,2	0,228 3,7	0,406 16,2	2,103 63,91
min	14,4	0,115 5,7	0,105 8,7	0,241 6,8	0,816 17,0	0,192 3,2	0,321 12,9	1,816 54,88
max	18,7	0,164 8,2	0,127 10,4	0,400 14,4	0,913 19,0	0,271 4,5	0,480 19,2	2,467 75,72
<b>Веселовское и Усть-Манычское водохранилища</b>								
X <sub>ср</sub>	18,5	0,130 6,50	0,146 11,90	0,343 9,67	0,977 20,4	0,214 3,51	0,375 15,0	2,185 66,98
min	16,6	0,120 5,99	0,124 9,16	0,271 7,36	0,663 13,8	0,198 3,25	0,206 8,3	1,750 55,68
max	20,0	0,145 7,22	0,167 13,69	0,381 10,75	1,297 27,0	0,234 3,83	0,544 21,7	2,712 82,04
<b>Центральный район Восточной части Пролетарского водохранилища (оз. Маныч-Гудило)</b>								
X <sub>ср</sub>	216,1	0,735 36,7	2,182 179,4	14,150 399,2	10,014 208,5	0,223 3,66	9,879 395,2	37,185 1222,66
min	212,4	0,715 35,7	2,149 176,7	13,400 378,0	9,222 192,0	0,189 3,09	9,209 368,4	35,253 1164,74
max	221,6	0,764 38,1	2,241 84,3	14,750 416,1	11,114 232,0	0,252 4,13	10,425 417,0	38,393 1260,42

В водах оз. Маныч-Гудило преобладают: Cl<sup>-</sup> (36–37%), SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (28–29%), Na<sup>+</sup>+K<sup>+</sup> (около 27%) и Mg<sup>2+</sup> (5,7%). На долю ионов Ca<sup>2+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> приходится соответственно 1,9 и 0,7% от общей суммы ионов. Жесткость воды исключительно высока, составляя для ее основной массы в среднем около 200 мг-экв/л (табл. 5).

В связи с неодинаковой степенью и направленностью изменений концентраций растворенных в воде ионов соотношение между некоторыми из них несколько изменилось. Отношение между концентрациями Mg<sup>2+</sup> и Ca<sup>2+</sup> менялось незначительно: от 1,8 до 2,1 (Фролов, 2000). По материалам июльской съемки этот показатель увеличился до 2,9 (табл. 4,5).

Воды оз. Маныч-Гудило, согласно июльской съемке 2004 г. и классификации О. А. Алекина (1970), относятся преимущественно к классу хлоридных, натриевой группы третьего типа, а восточной части Пролетарского водохранилища в целом – ко второму.



*Рис. 18. Пролетарская плотина*

В западной межплотинной части Пролетарского водохранилища (рис. 18) общая минерализация составляет в среднем около 2,1 г/л при колебаниях от 1,8 до 2,5 г/л, а жесткость воды 15,7 мг-экв/л (14,4–18,6 мг-экв/л). Преобладают ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  (41,5%),  $\text{Na}^++\text{K}^+$  (19,3%),  $\text{Cl}^-$  (16,9%),  $\text{HCO}_3^-$  (10,9%), что позволяет отнести воды в основном к сульфатно-натриевым. В Веселовском и Усть-Манычском водохранилищах общая минерализация находится почти на том же уровне, что и в западном отсеке Пролетарского, при тех же пространственных колебаниях (от 1,7 до 2,7 г/л). Также преобладают ионы  $\text{SO}_4^{2-}$  (44,7%),  $\text{Na}^++\text{K}^+$  (17,1%),  $\text{Cl}^-$  (15,7%),  $\text{HCO}_3^-$  (9,8%). Вода относится преимущественно к сульфатно-натриевой.

В целом, исходя из гидрохимической классификации природных вод О.А. Алекина (1970) воды западной части Пролетарского, Веселовского и Усть-Манычского водохранилищ принадлежат к классу сульфатных, натриевой группы, второго типа.

Экспедиционные съемки водоемов бассейна р. Маныч, выполненные АФ ММБИ КНЦ РАН и ЮНЦ РАН в августе и октябре показали результаты, близкие к данным июльской экспедиции.

В начале августа средняя минерализация вод Веселовского водохранилища составляла 2,1 (1,9–2,4) г/л. В общей сумме ионов преобладали сульфаты (47,3 %), ионы натрия и калия (21,3 %), хлориды (12,3 %) и гидрокарбонаты (9,4 %). Минимальными были концентрации кальция и магния (5,2 и 4,9 % соответственно). Общая жесткость воды составляла 13,5 мг-экв/л. По классификации О.А. Алекина (Алекин, 1970) обследованные воды относятся к сульфатному классу (33,2 % экв.), группы натрия (28,6 % экв.) второго типа.



*Рис. 19. Баранниковская дамба*

Для вод западной части Пролетарского водохранилища характерен почти такой же уровень жесткости воды (13,6 мг-экв/л) и минерализации (2,2 г/л при колебаниях от 2,0 до 2,4 г/л). Также в общей сумме ионов резко преобладают сульфаты (45,3%), ионы натрия (21,9%), хлориды (14,1%) и гидрокарбонаты (9,1%). Минимум приходится на ионы кальция (5,4%) и магния (4,2%). Обследованный район по гидрохимическому составу также как и воды Веселовского водохранилища, может быть отнесен к сульфатному классу (31,6 % экв.) группы натрия (29,4 % экв.) второго типа.

В восточной части Пролетарского водохранилища ближе к Баранниковской плотине (рис. 19) минерализация находилась в интервале 2,1–2,9 г/л, составляя в среднем около 2,4–2,5 г/л. Также как и в западной части, в водах этого района в общей сумме ионов преобладали сульфаты (45,1%), ионы натрия (22,5%), хлор-ион (12,3%) и гидрокарбонаты (9,3%) при минимуме кальция (5,2%) и магния (4,0%). Они относятся к сульфатному классу (30,8% экв.), группы натрия (30,7% экв) второго типа. В центральной части соленость водной массы в среднем составляла 42,5 г/л при пространственных колебаниях от 41,0 до 43,7 г/л. Преобладали хлориды (36,6%), сульфаты (27,9%) и ионы натрия (28,3%). Минимум приходился на ионы магния (4,9%) и особенно ионы кальция (1,7%), гидрокарбонаты (0,6 %). Воды этого района оз. Маныч-Гудило относятся к хлоридному (31,8% экв.) классу, группы натрия (34,9% экв.) второго типа. Жесткость воды их исключительно велика (в среднем 208,7 мг-экв/л).

Во второй декаде октября минерализация воды у Веселовского и Усть-Манычского ГУ составляла 2,4 г/л, а вблизи Пролетарской и Баранниковской плотин – 1,9–2,1 г/л. Класс воды сульфатный (31,4–38,4 % экв), группа натриевая (29,7–38,3 % экв) тип второй. В западной части восточного отсека Пролетарского водохранилища мине-

рализация поверхностных вод составляла 5,8 г/л, а придонных 6,7 г/л. В центральной же части минерализация достигала 47,9 г/л. В обоих случаях воды относятся к хлоридному классу (26,6–30,0 % экв.), натриевому типу (35,4–36,8 % экв.), второй группе.

Минерализация реликтового оз. Большое Яшалтинское достигает почти 100 г/л (97,6 г/л). Жесткость составляет 432 мг-экв/л. Воды относятся к хлоридному классу, группы натрия, тип второй.

Содержание растворенных ионов в реках Соленка, Чепрак, Калаус, Б. Егорлык, Средний Егорлык, Дунда по данным анализа проб, отобранных в 2004 г., находятся преимущественно в интервале от 1,8–1,9 до 2,5–2,8 г/л. В Среднем Егорлыке и р. Джалге минерализация достигала 5–7 г/л, в р. Юле 9–10 г/л, в р. Хагин-Сала до 15–16 г/л. Класс вод в этих реках сульфатный, группа натрия, тип второй. В р. Киасте минерализация воды изменялась от 48–49 г/л летом до 87–89 г/л осенью. Класс вод хлоридный, группа натрия, тип второй.

Минерализация воды в концевом сбросе канала Пролетарская ветвь 0,39–0,41 г/л, класс вод гидрокарбонатный, группа магния-кальция, тип 3. Подобная минерализация воды в Ростовском распределительном канале (0,43–0,44 г/л), в канале у х. Соленый (0,37–0,43 г/л) и Садковском (0,39–0,41 г/л). Класс вод гидрокарбонатный, группа соответственно натрия-кальция, натрия-кальция-магния, натрия-магния, тип 2–3. Минерализация вод в Азовском распределительном канале, канале у х. Веселого выше (2,6–2,9 г/л), класс–сульфатный, группа натрия, тип второй. Минерализация вод Валуйского сбросного канала составляет 1,2 г/л на поверхности и 5,8 г/л в придонном слое. Класс хлоридный, группа натрия, тип вод на поверхности второй, а у дна ближе к третьему.

Исследованные объекты частично представлены на рисунках (рис. 20–23).



Рис. 20. Река Сандата



*Рис. 21. Река Джалга*



*Рис. 22. Река Подманок-2*



Рис. 23. Река Дунда

Анализ результатов предшествующих исследователей и наших данных позволяет сделать вывод, что высокая минерализация водоемов Маныча и тенденция ее роста (главным образом, оз. Маныч-Гудило) определяются как природными, так и антропогенными факторами. В первую очередь, к ним можно отнести следующие:

1. Дефицит увлажнения и особенно водного баланса, точнее речных и, главным образом, донских вод, для которого он в последние годы имеет нарастающий характер.
2. Литологический состав пород, слагающих водосбор, берега и дно водоемов, распространение солончаков и солончаковых почв.
3. Возвратные коллекторно-дренажные воды с оросительных систем с минерализацией около 2,5–3,8 г/л.
4. Смешанный (с кубанскими и коллекторно-дренажными водами) сток рек Большой Егорлык и Калаус (минерализация в среднем 2,0–3,0 г/л и выше в отдельные сезоны и годы).
5. Поступление напорных подземных вод с минерализацией ориентировочно на уровне минерализации возвратных коллекторно-дренажных вод с Пролетарской, Манычской и Право-Егорлыкской ОС (2,5–4,0 г/л).
6. Эпизодический приток высокоминерализованных (до 12 и более г/л) вод из оз. Маныч-Гудило через прокоп в Ново-Манычской дамбе или в результате ее прорывов. С 1998 г. вероятность подобных явлений резко снижена.
7. Понижение степени проточности и бессточность некоторых водоемов бассейна р. Маныч (главным образом восточного отсека Пролетарского водохранилища).

Анализ результатов исследований АФ ММБИ КНЦ и ЮНЦ РАН, а также выполненных ранее другими учреждениями позволил определить первоочередные мероприятия по улучшению экологической обстановки на оз. Маныч-Гудило и манычских водохранилищах.

При их выборе предполагалось, что нормированию и регулированию могут быть подвергнуты лишь относительно управляемые факторы: речной сток, сток коллекторно-дренажных вод, водо- и солеобмен между смежными водоемами бассейна р. Маныч.

К первоочередным мероприятиям, оптимизирующими режим солености и способствующим оздоровлению водохозяйственной обстановки, относятся следующие:

1. Водный и солевой обмен между западным и восточным отсеками Пролетарского водохранилища через Ново-Манычскую дамбу должен быть ограничен сбросом вод из первого во второй водоем. Следует и в дальнейшем исключать сток соленых вод из оз. Маныч-Гудило в водохранилища, расположенные западнее.

2. Смешанные с коллекторно-дренажным и кубанским стоком воды р. Б. Егорлык при относительно низкой минерализации (не более 1,0–1,5 г/л), целесообразно направлять в западный отсек Пролетарского водохранилища, а при более высокой – в восточный.

3. Подачу кубанской воды в р. Б. Егорлык и Калаус следует поддерживать на уровне объемов последних 10–15 лет, а донской воды – увеличить на первом этапе до 0,6–0,7, на втором – до 0,8–0,9 км<sup>3</sup>/год. При этом для достижения наибольшего эффекта донскую воду необходимо в основном (около 60%) подавать через концевое сооружение Пролетарской ветки в западный отсек Пролетарского водохранилища.

4. Снизить поступление коллекторно-дренажных вод – одного из главных источников солевого загрязнения водоемов и водотоков бассейна р. Маныч – по крайней мере до уровня конца 1960-х–начала 1970-х гг. за счет соответствующего сокращения площадей орошения, введения водосберегающих технологий, замены приоритетных культур на менее водоемкие.

5. Изменить режим регулирования уровня водохранилищ. В апреле–мае уровень воды поддерживать на отметках не ниже 10,3 м БС и не допускать вплоть до середины июля значительных его сработок, предельно допустима сработка уровня до 9,5 м БС.

6. Осуществить расчистку водохранилищ, особенно береговой зоны и основных нерестилищ, а также ряд водоохранных мероприятий.

7. Запретить распашку земли и другие виды хозяйственной деятельности в непосредственной близости от водоемов. Произвести посадку берегозащитных насаждений.

8. Обеспечить питьевое водоснабжение на прилегающей территории путем добычи и подачи подземных вод Кумо-Манычской впадины, а в случае необходимости – прокладывать водопроводы.

Вместе с тем, предложение об увеличении дотаций донских вод будет способствовать ухудшению и без того напряженного водохозяйственного баланса Нижнего Дона. Поэтому все указанные меры следует решать в рамках схем, соглашений, проектов, учитывающих интересы всех водопользователей и водопользователей южного региона России.