

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Факультет Гидрологический

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

(бакалаврская работа)

На тему	«Особенности гидрологического режима, тенденции гидрохимических и
гидј	робиологических показателей западной части Пролетарского водохранилища».
Исполнител	ть Костюченко А.В. (фамилия, имя, отчество)
Руководите	ль доктор гидрологических наблюдений (ученая степень, ученое звание)
	Андреев Сергей Сергеевич

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю» Декан

, goyeson

nagu well

«<u>Ю</u>» <u>06</u> 20<u>%</u>г.

Санкт–Петербург 2016

Содержание

		Стр.
	Сокращения	4
	Введение	5
1	Физико-географические условия формирования гидрологи-	
	ческого и гидрохимического режимов западной части Проле-	
	тарского водохранилища	8
1.1	Основные черты рельефа и геологическое строение	12
1.2	Климатические условия	15
1.3	Краткая характеристика гидрологического режима	18
1.3.1	Режим уровней	19
1.3.2	Температура воды и ледовый режим	21
1.4	Гидрохимический режим	24
2	Методы расчета водного баланса	26
2.1	Метод водного баланса	28
2.2	Методы расчета элементов водного баланса	28
2.2.1	Поверхностный приток	31
2.2.2	Атмосферные осадки	31
2.2.3	Поверхностный сток	34
2.2.4	Испарение с водной поверхности. Потери воды на испарение	35
	с водохранилища	
2.2.5	Подземные компоненты	38
2.2.6	Оценка точности расчетов водного баланса	41
2.3	Уравнение для расчета водного баланса западной части	42
	Пролетарского водохранилища	
2.4	Исходные данные для расчета составляющих уравнения вод-	45
	ного баланса западной части Пролетарского водохранилища	
2.5	Сравнительный анализ волного баланса 2014 года и осред-	

	ненных данных водного баланса 1967 – 1991 гг.	48
3	Особенности гидрохимических и гидробиологических пока-	
	зателей водохранилища	52
3.1	Анализ тенденций гидрохимических показателей за 1999 –	
	2006 гг.	52
3.2	Структура экосистемы водохранилища	55
3.3	Взаимосвязь между концентрацией NO_2^- и SO_4^{2-} и биомассой	
	водорослей	59
	Заключение	64
	Список использованных источников	70

Сокращения

АзНИИРХ – Азово-Черноморский научно-исследовательский институт

рыбного хозяйства

СКГМЦ - Северо-Кавказский гидрометеорологический центр

ВХК – Водохозяйственный комплекс

ГЭС – Гидроэлектростанция

ЕТР – Европейская территория России

ГКР - Гидролого-климатические расчеты

ГУ – Гидроузел

ГГИ – Государственный Гидрологический институт

КСПК – Концевой сброс Пролетарского канала

ДВБО – Донское водохозяйственное объединение

НДРГС – Нижне-Донской район гидросооружений

ГМО – Гидрометеорологическая обсерватория

УК ИЗВ - Удельный комбинаторный индекс загрязнения воды

АКФ – Автокорреляционная функция

СКО – Среднеквадратическое отклонение

Введение

Водохранилища, помимо народнохозяйственного значения (для энергетики и мелиорации), оказывают большое побочное отрицательное воздействие на окружающую среду, тем самым заметно снижая свою экономическую эффективность, испытывая, в свою очередь, мощный антропогенный прессинг.

Созданное в 30-х годах Пролетарское водохранилище, в системе каскада Манычских водохранилищ, расположено в аридной степной зоне юго-востока России. Водные ресурсы водохранилища используется отраслями народного хозяйства Ростовской области, Калмыкии, Краснодарского и Ставропольского краёв такими, как сельское и рыбное, гидроэнергетика и водный транспорт, коммунальное и питьевое водоснабжение.

Во время строительства Пролетарской плотины у хутора Бараники была построена Ново-Манычская дамба, и весь сток реки Большой Егорлык был направлен в озеро Маныч-Гудило. В 1936 году, после окончания строительства, в Ново-Манычской дамбе был сделан широкий прокоп, и озеро фактически вернулось в естественное состояние.

В связи с окончанием строительства Невинномысского канала в 1948 году, перед пуском кубанской воды по реке Большой Егорлык для более быстрого опреснения Веселовского водохранилища была восстановлена Ново-Манычская дамба, разделившая Пролетарское водохранилище на восточную и западную части. При этом западной части отводилась роль водоемараспределителя водных ресурсов между Веселовским водохранилищем и восточной частью Пролетарского водохранилища. Так водоем пребывал до 1991 года.

Комплекс природных и антропогенных факторов, влияющих на создание и функционирование каскада Манычских водохранилищ, привёл к изменению минерализации водоёмов. Минерализация западной части Пролетарского водохранилища, - фактор, лимитирующий развитие в бассейне сельскохозяйственной и рыбной отраслей, а также продолжает отрицательно сказываться на состоянии биоразнообразия и самой экосистемы водохранилища, которое от-

носится к особо охраняемым водно-болотистым угодьям международного значения. Неуклонное расширение масштабов хозяйственной деятельности в бассейне, достигшее пика в 80-е — начале 90-х годов, вовлечение в сельскохозяйственное производство все больших площадей, в том числе и природно-засоленных почв, привели к дальнейшему росту минерализации западной части Пролетарского водохранилища и обострению экологического состояния водоема.

Безусловно актуально рассмотреть современное состояние Пролетарского водохранилища, установив перспективу его возможного дальнейшего существования и функционирования.

Цель работы - изучение гидрологического режима и гидрохимических и гидробиологических особенностей водохранилища.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- 1) изучить физико-географические особенности территории;
- 2) исследовать водный баланс водохранилища в динамике;
- 3) рассмотреть гидрохимические характеристики водохранилища;

Для написания работы были использованы данные АзНИИРХ, архивы СКГМЦ, авторефераты диссертационных работ Жуковой С.В. «Гидролого-экологические аспекты использования водных ресурсов Пролетарского и Веселовского водохранилищ», Витковского А.З. «Современное состояние ихтиофауны водохранилищ Манычского каскада», Сафроновой Л.М. «Фитопланктон Веселовского водохранилища как показатель состояния экосистемы».

 Физико-географические условия формирования гидрологического и гидрохимического режимов западной части Пролетарского водохранилища

Водохранилища в бассейне р. Маныч (рисунок 1.1) являются одним из основных элементов гидрографической сети и играют весьма большую роль в его водохозяйственном балансе. Основное назначение водохранилищ: орошение, обводнение, водоснабжение, водный транспорт, рыбное хозяйство и в небольшой степени - гидроэнергетика. Большая часть водохранилищ имеет сезонное регулирование и только Пролетарское, Веселовское, Новотроицкое, имеют многолетнее.

По генезису водохранилища бассейна делятся на три типа: 1) русловые, 2) наливные и 3) озера-водохранилища. В бассейне р. Маныч преобладают русловые водохранилища, то есть их чаши расположены в долинах рек, перегороженных плотинами (Пролетарское, Веселовское, Усть-Манычское, Новотроицкое и др.) [1].

Всего в бассейне 35 водохранилищ общей площадью $1265,42 \text{ км}^2$ и полным объемом $4187,8 \text{ млн. } \text{м}^3$. Площадь водохранилищ изменяется от 1,0 до 798 км^2 , длина – от 1,9 до 178 км и объем – от 1,9 до $2031 \text{ млн. } \text{м}^3$.

Водохранилищ площадью более 100 км^2 –два Пролетарское и Веселовское, площадью $10-100 \text{ км}^2$ - пять, у остальных площадь менее 10 км^2 . Наибольший объем имеет Пролетарское водохранилище, его полный объем 2031 млн. 3. Наибольшую длину имеет Пролетарское водохранилище (178 км), длина остальных менее 100 км и у большинства не превышает 10 км [1].

Водный режим водохранилищ изучен слабо, постоянные гидрологические наблюдения проводятся только на трех наиболее крупных - Пролетарском, Веселовском и Усть-Манычском.

Водохранилища по долине р. Западный Маныч (Усть-Манычское, Веселовское и Пролетарское) созданы в 1932 – 1941 гг. в целях организации Ма-

нычского водного пути и одновременно опреснения воды в водохранилищах, особенно Пролетарском. Наполнение водохранилищ не обеспечивается местным стоком, доля которого в питании водохранилища ничтожна и составляет по отношению к потерям на испарение для среднего по водности года — 30 %, для маловодного — 9 %, поэтому дополнительное их питание осуществляется за счет кубанской и донской воды. Вода в водохранилища поступает из р. Кубани по Невинномысскому каналу в р. Егорлык и далее в Пролетарское водохранилище, а из р. Дон по Пролетарскому и Садковскому каналам - в Веселовское и Пролетарское водохранилища. Опреснение водохранилища происходит преимущественно за счет притока кубанских вод, составляющих около 708 млн. м³ в год [2].

Наибольшим из Манычских водохранилищ является Пролетарское. Оно создано путем затопления долины р. Западный Маныч и ряда озер Манычской котловины, в том числе озер Маныч-Гудило и Большой Лиман. Некоторые затопленные озера превратились в общирные заливы: Маныч, Лопиловский, Долгонький, Подманок, Арал-Эмке и другие. Плотина водохранилища построена у западного конца затопленного лимана Рыбосол (пос. Манычстрой), в 9,2 км к северо-востоку от устья р. Средний Егорлык. Плотина земляная с максимальной высотой 17,5 м, в плотине имеется судоходный шлюз. Оканчивается водохранилище в районе железнодорожного моста через р. Маныч (дорога Дивное-Элиста). Основное назначение водохранилища по проекту – транспортное, но сейчас оно используется как рыбохозяйственное.

Водохранилище питается за счет стока рек Егорлык, Средний Егорлык (западная часть), Калаус (восточная часть), малых рек и балок, но с 1948 года основным источником питания стали воды Кубани и Дона.

Длина береговой линии 575 км. В водохранилище впадают более 20 рек и балок, устья многих из них превратились в заливы. Основными притоками, впадающими в водохранилище с правого склона, являются Кираста, Чикалда, Волочайка и Козинка, а с левого - Дунда, Джалга, Хагин-Сала, Егорлык и Средний Егорлык. Большинство этих рек и балок перегорожены плотинами,

и их весенний сток почти полностью задерживается в прудах и небольших водохранилищах.

Рисунок 1.1 – Водохранилища в бассейне р. Маныч

Выше устья р. Егорлык в 1952 году была построена Новоманычская дамба, которая разделила водохранилище на две части: западную длиной 19 км, восточную длиной 159 км. Основные морфометрические характеристики западной части Пролетарского водохранилища приведены в таблице 1.1. Основное назначение дамбы — регулирование водообмена между западной и восточной частями с целью быстрейшего опреснения Веселовского водохранилища. Дамба расположена на конусе выноса р. Егорлык и поэтому отметки дна водохранилища поднимаются к западу. До создания водохранилища конус выноса препятствовал стоку воды из оз. Маныч-Гудило в нижнюю часть р. Маныч.

Таблица 1.1 – Морфометрические характеристики западной части Пролетарского водохранилища

Характеристика	Западная часть
Длина, км	19
Максимальная ширина, км	2
Максимальная глубина, м	5,2
Максимальный эксплуатационный уровень, м	13,2
Минимальный эксплуатационный уровень, м	12,9
Минимальный судоходный уровень, м	11,8
Площадь зеркала при максимальном эксплуатационном	
уровне, км²	45
Объем, млн. м ³ при максимальном уровне	119

Западная часть водохранилища представляет собой плес длиной 19 км, шириной 1,0 – 3,0 км с плоским дном и наибольшей глубиной 3,2 – 4,3 м. В западной части уровень воды выше, чем в восточной, и в нормальных эксплуатационных условиях через шлюз-регулятор в Ново-Манычской дамбе происходит отток воды в восточную часть (рисунок 1.1). В многоводные периоды, наоборот, через шлюз-регулятор поступает вода из восточной части в западную. Основное количество воды поступает по р. Егорлык, а сбрасывается она через ГЭС и водовыпуск Пролетарской плотины в Веселовское водохранилище.

Восточная часть имеет протяженность 159 км и по морфологическим особенностям четко делится на три участка: 1) западный, 2) центральный и 3) восточный. Границы между ними проходит по заливам, в которые впадают балка Хоревая на западе и р. Кираста на востоке (залив Маныч).

Береговая линия водохранилища довольно значительно изрезана. Берега преимущественно невысокие, хотя в отдельных местах на правом берегу достигают высоты 20 м, и сложены в основном суглинками, местами глинами. Разрушение берегов ветровыми волнами и их переформирование наблюдается по всему водохранилищу, но наиболее интенсивны эти процессы в средней части [1]. Водохранилище обильно заросло камышом и тростником. Камыш появляется в приплотинной части водохранилища и располагается вдоль берегов. С приближением к Ново-Манычской дамбе площадь камышовых зарослей увеличивается. Они растут большими островами, оставляя свободным лишь судовой ход. Водохранилище заросло камышом также на участке от Ново-Манычской дамбы до с. Красный Маныч. Остальная часть водохранилища лишена водной растительности. Заросли камыша встречаются только отдельными пятнами в местах выхода опресненных вод [2].

1.1 Основные черты рельефа и геологическое строение

Бассейн р. Маныч, в котором создано Пролетарское водохранилище, на

севере граничит с бассейнами рек Дон, Сал, а на юге — с бассейнами рек Кубани и Кумы. Река Маныч и Манычские водохранилища, протяженностью около 430 км, ориентированные с северо-запада на юго-восток, расположены в Кумо-Манычской впадине (рисунок 1.2), тектоническом понижении, отделяющем юго-восток Русской равнины от Предкавказья. Она простирается от берегов Каспийского моря до Нижнего Дона на расстояние около 600 км. От соседних областей отличается своеобразным полупустынным характером. Древняя Манычская долина представляет тектоническую впадину, наметившуюся еще в палеозойскую эру, в эпоху герцинской складчатости. В меловой период, особенно во время верхнего мела, эта впадина интенсивно опускалась. В третичный и четвертичный периоды скорость опускания долины замедлилась. Наиболее сильное понижение территории наблюдалось в районе оз. Большой Лиман.

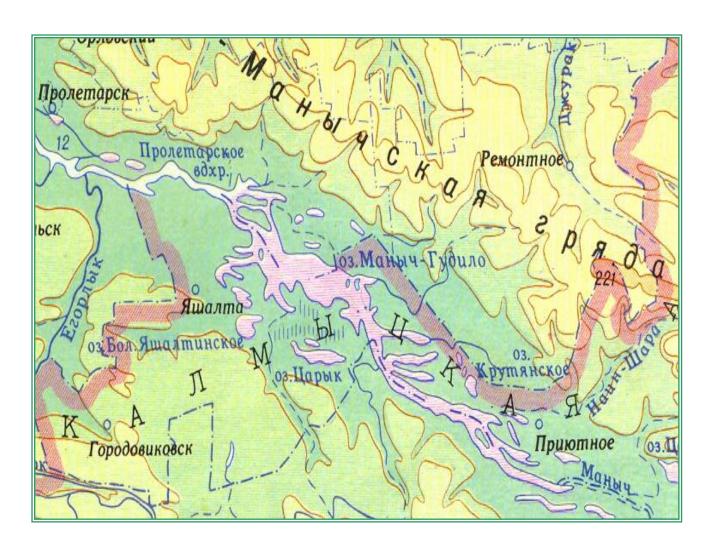


Рисунок 1.2 Физическая карта Пролетарского водохранилища (Атлас Ростовской области, 1973).

В конце палеогена — начале неогена произошло поднятие Сало-Ергененской возвышенности, образовавшей полуостров в неогеновых морях, а в конце сармата поднялась Ставропольская антиклиналь. Эти две возвышенности сформировали древнюю Манычскую долину, через которую временами соединялись древние Каспийское и Черное моря в результате процессов трансгрессии и регрессии этих бассейнов.

Вследствие постоянного опускания древней Манычской долины она заполнена мощными отложениями: нижнемеловыми породами (мощностью до 500-600 м), верхнемеловыми (1000-1200 м), нижнетретичными и четвертичными (300-400 м) [10].

Абсолютные отметки дна впадины на западе 10,5 м, в центральной части 26,4 и у Каспия –26 (–28) м. Сало - Манычская гряда, Ергени и Ставропольская возвышенность с высотами 50 – 200 м резко подчеркивают низменный характер впадины.

Северная часть бассейна р. Маныч представляет сравнительно крутой и неширокий (11 – 43 км) склон, изрезанный балками. Наибольшая высота водораздельной линии между реками Маныч и Сал находится на гребне Ергеней и равна около 152 м над уровнем моря. По мере приближения к р. Дон она постепенно понижается. Южный склон водораздела очень пологий, шириной от 21 км близ устья р. Маныч до 19 – 21 км в районе рек Егорлык, Средний Егорлык и Калаус [2].

Геологическое строение и формирование берегов Пролетарского водохранилища обусловлено его положением в зоне длительного развивающегося и сложно построенного Манычско-Гудиловского прогиба. Длительное прогибание способствовало накоплению мезозойско-кайнозойских отложений, суммарная мощность которых изменяется в разных частях прогибов от 1,5 до 3 км.

Бассейн реки Маныч и Манычских водохранилищ сложен третичными отложениями в виде песков, серо-белых известняков сарматского яруса и песчаников, известняков и мергелей понтического яруса, богатых пресной водой и залегающих на сарматских известняках. Поверх третичных отложений имеются напластования древних послетретичных бурых суглинков (часто с включением гипса).

Первое и единственное описание типов берегов Пролетарского водохранилища было сделано С.С. Аведиковым в 1961 году. Преобладающими для северного и южного побережий являются абразионные берега разной высоты. Они перемежаются небольшими по протяженности участками абразионно-обвальных — на северном берегу и оползневых берегов — на южном.

Наиболее подробно С.С. Аведиковым описаны оползневые берега, среди которых он выделил природные и антропогенные. Более широко распростра-

ненными в 60-е годы являлись антропогенные берега, абразия которых была вызвана накоплением ирригационных вод.

В 70-е годы оползни оказались полностью размытыми и не возобновлялись. Сохранились лишь остатки небольшого оползня в районе хутора Красный Маныч.

Берега Пролетарского водохранилища, сложенные бурыми суглинками, сильно изрезаны рядом узких, вытянутых заливов, нередко глубоко вдающихся в сушу и в основном приуроченных к местам впадения балок и речек. В период межени в устьевых участках таких заливов обычно происходит отложение наносов, задерживающих сток и образующих удлиненные ответвления, называемые лиманами. Отложения иногда бывают настолько обильными, что отшнуровывают лиман от водохранилища или оставляют лишь только узкую протоку. В многоводные годы Пролетарское водохранилище затопляет устья притоков, способствуя образованию лиманов (например, лиман Горький, Тройной и др.) [2].

1.2 Климатические условия

Пролетарское водохранилище расположено в зоне континентального климата, характеризующегося недостаточным увлажнением, жарким и сухим летом, сравнительно теплой зимой.

Циркуляция воздушных масс над юго-востоком ЕТР обусловлена западным переносом, однако ей присущи черты меридиональной направленности. Морские воздушные массы чередуются арктическими, тропический воздух со Средиземного моря и Ирана — с холодными вторжениями из Западной Сибири и Казахстана. Процессы трансформации хорошо выражены летом и в первую половину осени. Основные пути циклонов проходят северо-западнее Пролетарского водохранилища, поэтому в районе выпадает незначительное количество осадков [2].

Продолжительность солнечного сияния составляет 2100 – 2200 часов в год. Поэтому здесь отмечается высокая солнечная радиация. Радиационный баланс в бассейне р. Маныч равен 2060 МДж/м² и только в январе и декабре он имеет нулевое значение при положительном значении во все остальные месяцы года. Наибольшее значение радиационный баланс имеет в июне и июле (371 МДж/м²). Альбедо в бассейне сравнительно невысокое, что связано с небольшой продолжительностью залегания снежного покрова, большой распаханностью полей и тем, что травяной покров с июня уже засыхает и имеет почти желто-карий цвет. Среднегодовое значение альбедо 20 %, наибольшее – в январе (45 %), минимальное – летом и осенью (17 %) [1].

Ветровой режим определяется циркуляционными процессами: осенью, зимой и ранней весной скорости ветра выше, чем в остальное время года. Преобладающими являются ветры юго-восточного, восточного и западного направлений.

Наибольшие среднемесячные скорости ветра отмечаются в зимнее время, а минимальные значения — летом. На территории бассейна отмечаются сильные ветры (со скоростью 15 м/с и более). Минимальное количество дней с сильным ветром наблюдается в августе-сентябре, максимальное в марте.

Среднемесячная температура воздуха над западной частью Пролетарского водохранилища изменяется от -5,3 0 C (январь) до 24,1 0 C (июль). Абсолютный минимум температуры воздуха составляет -35 0 C (февраль), абсолютный максимум 42 0 C (июль, август).

Весна в районе западной части Пролетарского водохранилища короткая (1,5-2) месяца). Средняя многолетняя дата перехода температуры воздуха через 0^{0} С весной в районе г. Пролетарска приходится весной на 13 марта, осенью 27 ноября. При повышении температуры воздуха ее переход через 10^{0} С происходит во второй половине апреля и первой половине июня, а при понижении температура воздуха переходит через 20^{0} С в середине августа и через 10^{0} С – в конце октября [1].

Средняя продолжительность летнего периода, как правило, сухого и

жаркого, составляет около 120 дней. Ливневые дожди, сопровождающиеся иногда шквалами и градом, выпадают преимущественно при прохождении атмосферных фронтов.

Среднегодовая относительная влажность воздуха составляет 70 – 75 %. В течение года относительная влажность уменьшается от января к июлю и потом увеличивается к декабрю. Наибольшие ее значения отмечаются зимой и достигают 87 %. Летом относительная влажность минимальна: 52 %. Для данного района характерен континентальный тип годового хода осадков с максимумом в летнее время [1].

Максимум месячных сумм осадков (46 мм) приходится на май, июнь, а минимум (26 мм) на январь, сентябрь. Основной причиной летнего максимума осадков является активизация холодных фронтов атлантических циклонов, большая их мощность, значительная повторяемость их по сравнению с зимой. За холодный период выпадает 158 мм, а за теплый 259 мм. Наибольшая величина суточных осадков (67 мм) зафиксирована в г. Пролетарск 7 июля 1902 года [3]. Суточные максимумы осадков, как правило, являются результатом выпадения ливневого дождя при вторжении влажных воздушных масс.

Рассматриваемая территория расположена в относительно низких широтах, для которых особенностью зимы является максимальное развитие циклонической деятельности, чем и определяется неустойчивый характер зимы. Первый снег в бассейне западной части Пролетарского водохранилища появляется 1 декабря, который не остаётся лежать всю зиму, а стаивает под влиянием оттепелей и жидких осадков. И только через 27 дней после выпадения первого снега образуется устойчивый снежный покров (28 декабря в районе г. Пролетарска). Разрушение устойчивого снежного покрова в данном районе происходит 25 февраля. Нередко после его разрушения снежный покров может вновь образоваться, но всегда на ограниченное время. Сход снежного покрова происходит на 2 – 8 дней позже даты перехода температуры воздуха через 0 °С (19 марта в районе г. Пролетарска) [3]. В отдельные годы (зима

2003/2004 гг.) водохранилище не замерзает.

Небольшое количество выпадающих осадков, высокие летние температуры и продолжительные сухие ветры (суховеи) приводят к очень сильному испарению влаги, превышающему в несколько раз количество выпадающих осадков [12].

1.3 Краткая характеристика гидрологического режима

В бассейне р. Маныч имеется целый ряд водохранилищ с различной площадью, играющих весьма важную роль в водном балансе бассейна и хозяйственном использовании водных ресурсов. Особая роль среди водохранилищ принадлежит наиболее значительным из них — Пролетарскому, Веселовскому и Усть-Манычскому, которые заняли долину р. Маныч с руслом реки и включили в себя крупное оз. Маныч-Гудило. Система этих водохранилищ является частью Манычского водного пути и обеспечивает судоходство на протяжении 440 км. Большое значение имеют русловые водохранилища, расположенные в долине р. Егорлык и регулирующие его сток в течение года.

Несмотря на то, что основные водохранилища построены до 1940 года, регулярные наблюдения за гидрологическим режимом осуществляются на них с 1952 – 1958 гг. Охватывают они достаточно широкий круг характеристик: от уровня и температуры воды до ледовых явлений и водного баланса.

1.3.1 Режим уровней

Уровенный режим водохранилищ определяется притоком воды в них и ее расходом (сработкой). Соответственно как внутригодовое, так и межгодовое изменение уровней воды на Манычских водохранилищах определяются исключительно объемом подачи в них кубанской и донской воды, а также использованием ее на ГЭС и заборами в Азовский, Правоегорлыкский

и другие оросительно-обводнительные каналы.

Все основные водохранилища в бассейне р. Маныч расположены цепочкой, поэтому на режим их уровней сильно влияет межводохранилищный обмен водой, то есть интенсивность сброса воды из вышележащих в нижележащие водохранилища [4].

Для характеристики уровенного режима западной части Пролетарского водохранилища приняты данные водпостов Пролетарский гидроузел, верхний бьеф. В западной части колебания уровня зависят от поступления кубанской воды из Ново-Троицкого водохранилища по р. Егорлык, сбросов в восточную часть и Весёловское водохранилище.

Наиболее высокие уровни воды в течение года практически приходятся на апрель-июнь, что связано с весенним снеготаянием. Наименьшие уровни воды в течение года отмечаются на Пролетарском водохранилище в октябреноябре.

После наполнения водохранилища в апреле-мае до полного объема начинается сработка воды, поэтому уровни в них летом и в начале осени постепенно снижаются. Спад уровня продолжается до октября-ноября, после чего отмечается незначительное его повышение, связанное с резким уменьшением подачи воды на орошение и сокращением испарения воды. В августе-сентябре в западной части Пролетарского водохранилища отмечается небольшой подъем уровня воды, вызванный довольно значительными попусками воды из Новотроицкого водохранилища, связанным с уменьшением в эти месяцы подачи воды на орошение.

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды в западной части Пролетарского водохранилища небольшая – 27 см [1].

Сильные ветры восточных и западных направлений, совпадающие с продольной осью водохранилищ, вызывают сгонно-нагонные колебания уровня воды, достигающие на Пролетарском водохранилище 90 – 100 см.

В многолетнем ходе среднегодовых уровней Пролетарского водохранилища отмечаются два периода:

- 1) когда ежегодно уровень воды резко увеличивается при заполнении водохранилища;
- 2) когда водохранилище стало ежегодно наполняться до проектной отметки, среднегодовые уровни стабилизируются, и их изменение от года к году определяются в основном гидрометеорологическими условиями и подачей воды по каналам из рек Кубань и Дон.

В Пролетарское водохранилище кубанская вода стала поступать с 1948 года и уже к 1952 году уровень водохранилища в западной части достиг проектной отметки. В последующие годы среднегодовые уровни отличались от среднего значения на 30 – 122 см. Особенно низкими уровни в водохранилище были в 1953 – 1954 гг., а наиболее высокими - в 1958 году, когда в течение года уровень воды отличался от уровня ближайших лет на 130 – 140 см. Позже частота изменений уровня воды увеличилась, но амплитуда его колебаний в течение года уменьшилась до 58 см. При этом во все годы, кроме 1953 – 1954 гг., среднегодовой уровень воды в западном отсеке был выше, чем в восточном [1].

Таблица 1.2 Разница уровней в западной и восточной частях Пролетарского водохранилища

Период	1953 - 1956	1957 - 1960	1961 - 1964	1965 - 1980
Превышение уровня, см	73 - 101	52 - 69	30 - 48	15 - 67

1.3.2 Температура воды и ледовый режим

До 1966 года изученность термического режима Пролетарского водохранилища ограничивалась наблюдениями за температурой воды в прибрежной зоне на водпостах. С 1967 года состав наблюдений был расширен производством съемок данных на термических разрезах и рейдовых вертикалях в Веселовском и Пролетарском водохранилищах.

Температура воды определяет в водохранилищах характер гидрохимических и биологических процессов. Основными особенностями температурного режима Пролетарского водохранилища является высокая температура воды летом и постоянное выравнивание температуры во всей водной массе вследствие высокой гидродинамической активности водоема. На поверхности водохранилища температура воды подвержена сильному воздействию метеорологических факторов, подтверждением этому являются выявленная корреляционная зависимость между среднемесячными температурами поверхностного слоя воды (Y) и воздуха (X) (по ряду 1968 – 1989 гг.) на водпосту Пролетарский гидроузел верхний бьеф, описываемое уравнением [5]:

$$Y=0.92X+1.31 \quad (R=0.99)$$
 (1.1)

За температурой поверхностного слоя воды на Пролетарском водохранилище наблюдения производились в верхней и средней частях.

Температура воды изменяется в течение года синхронно при минимуме в январе $(-0,4^{0}\mathrm{C})$ и максимуме в июле $(24^{0}\mathrm{C})$ [1].

В январе и в первой-второй декадах февраля в западном отсеке Пролетарского водохранилища отмечается отрицательная температура воды, достигающая -0,1, $-0,5^{\circ}$ С. Такие значения температуры воды обусловлены высокой минерализацией воды на Пролетарском водохранилище. С января температура воды постепенно повышается, составляя в марте $2,3-2,4^{\circ}$ С, в апреле $9,9-11,9^{\circ}$ С. На июль приходится наиболее высокая температура, достигающая $23,5-24,0^{\circ}$ С. После июля температура воды понижается до $9,7-10,6^{\circ}$ С в октябре и до $1,1-1,3^{\circ}$ С в декабре.

Переход температуры воды весной через 0, 2, 4 и $10~^{0}$ С происходит на Пролетарском водохранилище на 5-10 дней раньше, чем на Веселовском, что связано с меньшими его глубинами и соответственно более быстрым прогреванием воды. Осенью переход температуры воды через эти значения

происходит почти одновременно.

Максимальная температура воды отмечается в июне—июле, достигая на Пролетарском водохранилище 33,3 °C (с. Красный Маныч, 24 июля 1976 года).

Особенностью распределения температуры воды по глубине в западной части Пролетарского водохранилища является незначительное различие ее значений, что связано с небольшими глубинами водоемов и частым перемешиванием воды, приводящим к выравниванию температуры по глубине. Так, при скорости ветра 5 м/с отмечается перемешивание воды до глубины в 7 – 8 м через 8 часов, а при ветре 10 – 11 м/с слой до глубины 10 м перемешивается за 2 часа. Поэтому большую часть года изменения температуры воды с глубиной не отмечаются и только в мае-июне температура воды на поверхности водохранилища несколько выше, чем в придонном слое. При этом максимальная разность температуры на поверхности и на дне в Пролетарском водохранилище составляла 0,4 °C.

Ледовый режим водохранилищ определяется взаимодействием процессов теплообмена воды с атмосферой, а также теплообменом, происходящим в самой толще воды. Ходом этих процессов определяются сроки, характер и масштабы ледовых явлений в период замерзания, ледостава и вскрытия.

Первые ледовые явления в западной части Пролетарского водохранилища в виде заберегов, блинчатого льда, сала и редко шуги отмечаются в среднем во второй декаде ноября. Наиболее поздно появление ледовых явлений отмечалось третьей декаде января [1].

Ледостав начинается в третьей декаде декабря (21 – 24 декабря). В начале ледостава на водохранилище повсеместно наблюдаются полыньи, которые в зависимости от погодных условий сохраняются от 2 до 10 дней. Характер ледового покрова при ледоставе меняется в зависимости от метеорологических условий, он нередко состоит из смерзшегося льда различного происхождения, на берегах могут образовываться навалы льда, а в открытой части водохранилищ – торосы. Под воздействием ветра в отдельные зимы лед

взламывается. Средняя многолетняя продолжительность ледостава 81 – 91 день на Пролетарском водохранилище, минимальная продолжительность 6 13 дней (1965 – 1966 гг.), максимальная продолжительность ледостава отмечена в 1953 – 1954 г. 141 день [1].

Разрушение ледяного покрова начинается в Пролетарском водохранилище в конце февраля. Происходит оно сверху и снизу, особенно интенсивно – в устьях рек и балок, что связано с поступлением более теплых талых вод. Вскрытие происходит более интенсивно при быстром подъеме уровня воды, в результате лед у берегов отрывается, целостность его нарушается, появляются широкие закраины.

Пролетарское водохранилище очищается ото льда весьма быстро (в третьей декаде марта) — после окончания ледостава до момента очищения ото льда проходит всего 4-5 дней. Но в отдельные годы могут быть отклонения от среднемноголетних сроков [1].

Средняя толщина льда на водохранилище незначительная и в основном объясняется повышенной минерализацией воды и сравнительно высокими зимними температурами воздуха. Наибольшая толщина льда отмечается в конце февраля и достигает 61 см [4].

1.4 Гидрохимический режим

Своеобразие геологических, климатических и гидрологических условий, в которых расположено Пролетарское водохранилище отразилось на химическом составе воды. До образования водохранилищ вода в озерах и лиманах, расположенных по долине р. Маныч, отличалась повышенной минерализацией и на вкус была солоновато-горькой. При этом формирование высокоминерализованной воды в водохранилище, как раньше, так и теперь происходило не только за счет химического состава горных пород берегов и дна бывшего

морского пролива, но и в результате поступления сильно минерализованных вод рек Егорлык и Калаус, особенно до 1949 года. По содержанию хлоридов вода Пролетарского водохранилища приближается к морской, а по содержанию сульфатов – к речной.

Минерализация воды Пролетарского водохранилища в его западной и восточной частях весьма значительно различается.

В западной части минерализация воды всегда была меньше, чем в восточной. Основная причина в том, что сюда постоянно поступают довольно большие массы сравнительно слабо минерализованной воды. Повышенная минерализация воды в восточной части объясняется поверхностной бессточностью этого водоема в сочетании с большим испарением, создающими благоприятные условия для накопления в нем солей. До подачи в Пролетарское водохранилище кубанской воды в центральной части минерализация от года к году изменялась весьма значительно.

До 1948 года минерализация в западной части изменялась от 2,5 до 10 г/л и определялась водностью года. По ионному составу она была хлоридносульфатной с небольшим содержанием солей кальция и с преобладанием солей натрия. С поступлением кубанской воды минерализация в западной части к 1952 году снизилась до 0,4 – 0,5 г/л. В ионном составе увеличилось относительное содержание карбонатов при уменьшении хлоридов и сульфатов.

С 1962 года в Пролетарское водохранилище и р. Егорлык начался сброс коллекторно-дренажных вод с рисовых полей, что вызвало повышение минерализации в западной части до 1,02 г/л. Увеличение минерализации продолжалось и в последующие годы, достигнув в 1998 году 3,06 г/л.

Минерализация воды в западной части Пролетарского водохранилища в течение года распределялась неравномерно. В 1962 году ее максимум приходился на весну, а минимум на осень. К 1985 году среднегодовая минерализация увеличилась в 2,5 раза, увеличились и ее среднемесячные значения, а максимум теперь сдвинулся на зиму и август, в то время как минимум попрежнему приходился на осень.

В химическом составе Пролетарского водохранилища преобладают ионы натрия (30 - 33 % экв.), хлоридов (25 - 30 % экв.) и сульфатов (14 - 20 % экв.).

Качество воды в западной части Пролетарского водохранилища большую часть года соответствует оценке «допустимая для питья по необходимости», а зимой и особенно весной «допустимая для питья в крайнем случае». По уровню жесткости – «умеренно жесткая» зимой и осенью и «жесткая» весной и летом [1].

Выводы по Главе 1:

Водохранилища в бассейне р. Маныч являются одним из основных элементов гидрографической сети и играют весьма большую роль в его водохозяйственном балансе.

Наибольшим из Манычских водохранилищ является Пролетарское, созданное путем затопления долины р. Западный Маныч и ряда озер Манычской котловины, в том числе озер Маныч-Гудило и Большой Лиман. В последствии некоторые затопленные озера превратились в обширные заливы: Маныч, Лопиловский, Долгонький, Подманок, Арал-Эмке и другиею

Манычские водохранилища, протяженностью около 430 км, ориентированные с северо-запада на юго-восток, расположены в Кумо-Манычской впадине тектоническом понижении, отделяющем юго-восток Русской равнины от Предкавказья.

Берега Пролетарского водохранилища, сложенные бурыми суглинками, сильно изрезаны рядом узких, вытянутых заливов, нередко глубоко вдающихся в сушу и в основном приуроченных к местам впадения балок и речек.

Пролетарское водохранилище расположено в зоне континентального климата, характеризующегося недостаточным увлажнением, жарким и сухим летом, сравнительно теплой зимой.

Для характеристики уровенного режима западной части Пролетарского водохранилища приняты данные водпостов Пролетарский гидроузел, верх-

ний бьеф. В западной части колебания уровня зависят от поступления кубанской воды из Ново-Троицкого водохранилища по р. Егорлык, сбросов в восточную часть и Весёловское водохранилище.

Наиболее высокие уровни воды в течение года практически приходятся на апрель-июнь, что связано с весенним снеготаянием. Наименьшие уровни воды в течение года отмечаются на Пролетарском водохранилище в октябреноябре.

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды в западной части Пролетарского водохранилища небольшая

Температура воды изменяется в течение года синхронно при минимуме в январе $(-0,4^{0}\mathrm{C})$ и максимуме в июле

Своеобразие геологических, климатических и гидрологических условий, в которых расположено Пролетарское водохранилище отразилось на химическом составе воды

По содержанию хлоридов вода Пролетарского водохранилища приближается к морской, а по содержанию сульфатов – к речной.

Минерализация воды Пролетарского водохранилища в его западной и восточной частях весьма значительно различается.

Качество воды в западной части Пролетарского водохранилища большую часть года соответствует оценке «допустимая для питья по необходимости», а зимой и особенно весной «допустимая для питья в крайнем случае». По уровню жесткости — «умеренно жесткая» зимой и осенью и «жесткая» весной и летом

2 Методы расчета водного баланса

2.1 Метод водного баланса

Водный баланс отражает совокупное воздействие всех факторов, влияющих на изменение водной массы водоема, обусловленное периодическими и циклическими колебаниями климата, а также антропогенной деятельностью на самом водоеме или на его водосборе. В соответствии с изменением влияющих природных условий, а также в зависимости от степени хозяйственной освоенности водоема количественное соотношение приходо-расходных элементов баланса изменяется во времени, то есть соответственно изменяются водные ресурсы водоема. Оценка водных ресурсов внутренних водоемов на основании водного баланса в целях их рационального хозяйственного использования является одной из главнейших задач изучения гидрометеорологического режима водоемов [6].

Метод водного баланса основан на равенстве: для любого объема пространства, ограниченного некоторой произвольной поверхностью, количество воды, вошедшее внутрь объема, за вычетом количества воды, вышедшего наружу, должно равняться увеличению (или соответственно уменьшению) количества ее внутри данного объема.

Это равенство справедливо для любого промежутка времени и для любого произвольно взятого пространства, ограниченного замкнутой поверхностью.

Водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, применительно к внутренним водоемам выражает всеобщий закон сохранения материи и является главнейшей характеристикой их гидрометеорологического режима. На основе водного баланса изучается водообмен, физические и химические процессы, происходящие в водоемах, а также оценивается эффект мероприятий, направленных на хозяйственное использование водных ресурсов,

изменяющихся под влиянием преобразованного поступления и расходования воды.

Приход воды осуществляется за счет:

- 1) поверхностного и подземного притока;
- 2) осадков, выпадающих на зеркало водоема;
- 3) конденсации водяных паров на его поверхности.

Расходование воды происходит путем:

- 1) поверхностного и подземного стока;
- 2) испарения с поверхности водоема.

Изменение объема водоема за рассматриваемый промежуток времени характеризуется аккумуляционными элементами баланса, главнейшим из которых является аккумуляция в чаше водоема.

Помимо этих основных компонентов в водном балансе принимают участие еще ряд элементов, но по своему значению они невелики и существенную роль приобретают лишь в балансе водохранилищ. К числу таких элементов относятся: к приходным компонентам — приток через различные сооружения (плотины, шлюзы и др.); к расходным компонентам — забор воды на орошение и водоснабжение, фильтрация; к аккумуляционным компонентам — объем воды во льду и снеге, осевших на берегах при сработке водохранилища и вновь поступающих в него с весенним подъемом уровня, накопление воды на приустьевых участках притоков водохранилища, аккумуляция воды в грунтах берегов.

Превышение приходной части баланса над расходной будет вызывать увеличение запасов влаги в рассматриваемом объеме. Наоборот, превышение расходной части баланса над приходной может произойти только за счет уменьшения запасов влаги.

В общем виде уравнение водного баланса имеет вид:

$$\sum \Pi p - \sum P = \sum A + H , \qquad (2.1)$$

где ∑Пр – сумма приходных компонентов,

 $\sum P$ – сумма расходных компонентов,

 $\sum A$ – сумма аккумуляционных компонентов,

Н – невязка водного баланса.

В общем виде влагообмен внутренних водоемов за промежуток времени обычно представляется в виде равенства нулю алгебраической суммы элементов прихода – расхода воды:

$$V_{\text{IID}} + V_{\text{IID}}' + V_{\text{o}} + V_{\text{u}} + V_{\text{cT}} + V_{\text{cT}}' + V = 0, \qquad (2.2)$$

где V_{np} – поверхностный приток;

 V_{np}' – подземный приток;

V_o - осадки на поверхность водоема;

V_и - испарение с водной поверхности или конденсация;

 V_{cr} – поверхностный сток;

 $V_{cт.}'$ – подземный сток;

V - изменение объема воды.

Составляющие уравнений имеют различный вес в балансе водоемов с различной проточностью, однако у всех водоемов главнейшую роль в приходе воды играют поверхностный приток и осадки, а в расходе у проточных озер и водохранилищ — сток, у бессточных — испарение. Другие элементы баланса имеют подчиненное значение и зачастую в расчете не участвуют. К числу неучитываемых или трудноучитываемых компонентов обычно относится подземный приток и отток, что справедливо в отношении крупных озер и водохранилищ, а также большинства средних и малых озер горных и предгорных районов, в водном балансе которых Vпр' и Vст' ничтожно малы.

Задача решения уравнения водного баланса с достаточной степенью точности сводится в первую очередь к надежному определению тех его компонентов, которые играют определяющую роль в приходной, расходной и аккумуляционной частях уравнения.

2.2 Методы расчета элементов водного баланса водохранилища.

Элементы водного баланса водоема, определяемые на основании данных наблюдательной сети, в зависимости от требований практики и гидрометеорологической освещенности, рассчитываются с различной детальностью для разных объектов.

Для наиболее изученных водоемов, к числу которых относятся сильнопроточные водохранилища на крупных реках, главнейшие элементы баланса более или менее надежно могут определяться за короткие интервалы времени – декады, пентады, а в периоды повышенной водности – даже за сутки. Для крупнейших и особенно бессточных и слабопроточных озер продолжительность расчетного промежутка времени должна быть увеличена, так как в водообмене этих озер существенное значение приобретают осадки и испарение, то есть элементы, достоверно определяемые в настоящее время только за более продолжительные отрезки времени (месяц и более). Еще более длительный интервал времени (сезон, год) принимается при водно-балансовых расчетах слабоизученных водоемов [6]. Для западной части Пролетарского водохранилища осуществляется сезонное регулирование стока в интересах водного транспорта.

2.2.1 Поверхностный приток

Поверхностный приток для подавляющего большинства внутренних водоемов является главным элементом приходной части водного баланса.

Приток в водоемы с водосборного бассейна осуществляется постоянными или периодически действующими реками и водотоками, а также путем склонового стока с межбассейновых пространств, примыкающих к чаше водохранилища (озера).

Для выявления роли главнейших притоков в питании водоема и оценки точности подсчета общего притока, которая зависит от гидрометрической

изученности главных притоков, общий приток иногда подразделяют на основной и боковой, понимая под боковым сток рек второго и более высоких порядков, непосредственно впадающих в водоем. Подразделение на основной и боковой приток сохраняет свое значение только для речных водохранилищ, создаваемых на крупных реках.

Основной приток формируется за счет стока главной реки, на которой создано водохранилище, или нескольких рек, впадающих в него. Боковой приток формируется за счет стока малых и средних рек, впадающих по периферии водохранилища.

При каскадном расположении водохранилищ под боковым притоком понимают суммарный объем притока, формирующегося с частной площади бассейна, ограниченной створом плотины, расположенной выше по течению водохранилища. Составной частью поверхностного стока является и местный сток, формирующийся в пределах однородного физико-географического района малыми притоками, зачастую являющимися временными водотоками.

Как правило, высокий процент освещенности водосбора создается за счет гидрометрических створов (или гидроузлов, на которых производится регулярный учет стока) на главнейших притоках водохранилища, в то время как средние и, тем более малые притоки, лишь частично обеспечены гидрометрическими измерениями. Между тем, именно за счет этих рек, снеготаяние на водосборе которых происходит раньше, чем в бассейнах больших рек, весной возрастает удельный вес бокового притока. Приближенность подсчета бокового притока в этот период существенно снижает точность определения общего притока в водохранилище.

Неизученная часть водосбора наряду с бассейнами отдельных рек, ручьев и межбассейновых пространств, лишенных выраженной гидрографической сети, включает также приустьевые участки рек, расположенных ниже гидрометрических створов, в том числе приустьевые участки рек, являющихся основными притоками водоема. Подсчет притока в водоемы производится в основном следующими способами [7]:

- 1) по уравнению водного баланса;
- 2) по связи между реками-аналогами;
- 3) по сумме расходов воды рек, впадающих в водоем.

Необходимость в учете трансформации стока и дополнительного притока с неизученной части водосбора основной реки отпадает, если в период половодья расходы воды измеряются на временном створе, расположенном в непосредственной близости от уреза водоема. При подсчете стока за более продолжительные интервалы (декада, месяц) и при условии однородности водного режима в пределах рассматриваемого бассейна расход в устье может быть установлен по соотношению [8]:

$$Q_{\text{устье}} = (F_{\text{устье}} / F_{\text{створ}}) * Q_{\text{створ}} = K Q_{\text{створ}}$$
 (2.3)

Метод водного баланса, позволяющий учесть приток с неизученной площади бассейна как остаточный член уравнения, может применяться с удовлетворительной точностью только за достаточно продолжительные интервалы времени (год, сезон, месяц), и применяется в тех случаях, когда невозможно оценить приточность в водоем с гидрометрически неизученной части водосбора по данным о стоке рек-аналогов.

По методу рек-аналогов приток с неизученной территории определяется различными способами, которые систематизированы с учетом условий стокообразования на данной территории и полноты исходного материала наблюдений.

При современной изученности процессов стока и отсутствии эталона сравнения в настоящее время не представляется возможным отдать предпочтение тому или иному методу расчета притока, и достоверность каждого из них удается оценить только сопоставлением результатов расчета [6].

Однако, вследствие значительной трудоемкости, расчет притока в водоем производится, как правило, одним из методов. Тем самым исключается возможность сравнения и выяснения условий применимости каждого из них. Поверхностный приток в Пролетарское водохранилище осуществляется, в основном, по р. Егорлык, сток которой освещен наблюдениями водпоста Новый Егорлык (36 км от устья; площадь водосбора 14800 км²) и р. Средний Егорлык в створе с. Шаблиевское (19 км от устья; пост в настоящее время не действует). Площадь водосбора, не освещенная данными наблюдений, составляет в бассейне 922 км² (западный отсек). Местный сток может быть рассчитан методом гидролого-климатических расчетов (ГКР).

Еще одним источником поступления является сброс донской воды по Пролетарскому каналу. Этот источник учтен отдельным членом уравнения [5].

Поверхностный приток включен в приходную часть уравнения.

2.2.2 Атмосферные осадки

Поступление воды за счет осадков, выпадающих на зеркало водоема, в большинстве случаев является вторым по значимости приходным компонентом, роль которого в водном балансе определяется степенью проточности водоема. Роль осадков в общем приходе воды возрастает с уменьшением проточности. В балансе бессточных озер аридной зоны значение осадков определяется размером и характером их водосбора и возрастает у тех водоемов, поверхностный приток в которые осуществляется с относительно небольших бассейнов, расположенных в пределах слабоувлажненных районов засушливой зоны.

У крупных водохранилищ, которые среди внутренних водоемов отличаются повышенной проточностью, осадки в общем приходе воды играют незначительную роль, составляя несколько процентов или даже доли процента от его величины. У слабопроточных водоемов роль осадков в водном балансе очень велика, и поэтому их учет должен производиться по возможно более полным данным с учетом специфических условий осадкообразования на данном водоеме [6].

Географическое положение водосбора и его размеры оказывают влияние на соотношение поверхностного притока и осадков в балансе проточных водоемов.

При расчете количества осадков, выпадающих на поверхность водоема, необходимо учитывать следующее: 1) недостаточную точность измерения осадков приборами; 2) неравномерность выпадения осадков над поверхностью обширных водоемов; 3) наличие над водоемами плювиометрической депрессии (уменьшение осадков над водной поверхностью по сравнению с окружающей сушей). Недоучет этих факторов может приводить к значительным погрешностям.

Для определения среднего слоя осадков, выпадающих на поверхность водоема, применяются в основном три метода: метод среднего арифметического (при равномерном расположении пунктов наблюдений), метод средневзвешенного (при неравномерном распределении метеостанций по периферии и площади зеркала), метод изогиет (построение карты осадков и ее планиметрирование).

Среднегодовая сумма осадков, характеризуемая высотой их слоя в миллиметрах, определяется суммированием исправленных месячных значений.

В расчетном уравнении баланса составляющая атмосферных осадков присутствует.

2.2.3. Поверхностный сток

Сток из водоема является главнейшей расходной характеристикой баланса проточных озер и водохранилищ, составляя у последних от 70 до 95 % общего годового расхода воды [6].

Сток зарегулированных озер и водохранилищ определяется в створе замыкающего гидроузла методом учета стока на регулирующем сооружении. Суммарный расход воды в створе ГЭС или гидроузла складывается из составляющих расходов воды различного целевого назначения. Расход воды в створе ГЭС описывается уравнением:

$$Q_{cvm} = Q_T + Q_B + Q_{db} + Q_{mp},$$
 (2.4)

где $Q_{\rm T}$ – расход воды, проходящей через турбины;

 $Q_{\scriptscriptstyle B}$ — расход воды, сбрасываемой через различные водосливные сооружения;

 Q_{ϕ} – расход воды на фильтрацию через тело плотины и в обход ее;

Q_{пр} – расход воды на прочих потребителей (орошение, шлюзование, водоснабжение, пропуск через рыбоходы и прочие).

Учет стока регулярно производится эксплуатационным персоналом гидроузла с раздельным определением каждой из составляющих суммарного расхода через створ гидроузла по данным наблюдений и по соответствующей расчетной методике. На крупных ГЭС основным среди составляющих является расход воды через турбины, который определяется по расходомерам или расчетом по данным наблюдений о мощности и напору. Сток воды через турбины ГЭС подсчитываются по суткам.

Расходы воды через различные водосливные сооружения имеют различный вес в общем расходе воды на гидроузлах разного класса и хозяйственного назначения. Его вес возрастает на малых гидроузлах, предназначенных для регулирования стока в целях орошения засушливых земель.

Расходы воды через водосливные сооружения гидроузла определяются по формулам гидравлики с учетом типа водосброса, конструкции, напора воды и др. Расчетные зависимости для определения расходов воды составляются проектной организацией на основе гидравлических расчетов и модельных испытаний. Расчеты водосбросных расходов при наличии гидрометрических сооружений производятся в соответствии с Методическими указаниями (1986).

Сток из водохранилища включен в уравнение водного баланса. Учет стока производится по данным о сбросах воды через Пролетарский гидроузел.

Расходы воды на фильтрацию и утечки включают потери воды на фильт-

рацию через тело сооружения и в обход его, а также через неплотности в затворах турбин и водосливных отверстий. Для учета этих потерь в настоящее время не существует общепринятых методов. Утечки через неплотности в затворах турбин и водосливных отверстий вообще не поддаются точному учету, а оцениваемые на основании инженерного гидрогеологического расчета фильтрационные расходы могут быть определены только приближенно. Обычно размеры суммарных потерь (фильтрация и утечка) рассчитываются при составлении технического проекта сооружения и принимаются постоянными или переменными, в зависимости от отметки уровня водохранилища. Размеры этих потерь невелики [6].

По данным Нижне-Донского района гидросооружений, в ведении которого находится Пролетарский гидроузел, фильтрация и утечки в современный период возросли, вследствие отсутствия необходимых реконструктивных и ремонтных работ. Фильтрационные потери включены в расходную часть уравнения.

Расход воды на прочих потребителей включает изъятие воды на шлюзование, пропуск воды через рыбоходы, орошение, водоснабжение и собственные нужды ГЭС.

Расход на шлюзование определяется по объему сливной призмы шлюза:

$$Q_{m\pi} = (W^*n)/86400, \tag{2.5}$$

где W – объем сливной приумы;

n – число шлюзований за сутки (86400 с.).

Расходы на шлюзование учитываются в составе сбросов воды через Пролетарский ГУ.

Расход воды на водоснабжение определяется по водопропускной способности насосов с учетом их числа, расход на орошение - по водопропускным характеристикам затворов, перекрывающих канал при выходе из водохранилища. Расход воды через рыбоходы обычно мал, также как и расход на собст-

венные нужды ГЭС.

Учет забора воды на водоснабжение и орошение осуществляется эксплутационными организациями, и данные передаются в соответствующие ведомства.

Площадь орошения в бассейне западной части Пролетарского водохранилища составляет 4,2 тыс. га. Предшествующими исследованиями [5] было показано, что водозабор на орошение по своим объемам невелик и находится в пределах допустимой точности расчета. Водозабор на орошение в уравнении не учтен.

 2.2.4 Испарение с водной поверхности. Потери воды на испарение с водохранилища.

Испарение с поверхности водоемов в их водном балансе является одним из расходных компонентов, вес которого, так же как и осадков, повышается с уменьшением проточности водоема. У бессточных водоемов практически вся поступившая вода расходуется на испарение. У водохранилищ испарение в общем расходе невелико и, независимо от климатических условий, в большинстве случаев составляет всего несколько процентов.

Подчиняясь географической зональности, испарение возрастает с севера на юг, однако даже в аналогичных климатических условиях оно может быть различным у разных водоемов, что определяется глубиной водоема и размерами его зеркала, обусловливающими процессы прогревания и охлаждения водной массы и интенсивность трансформации воздушного потока при его продвижении над водной поверхностью [6].

В настоящее время процесс испарения с водной поверхности изучен достаточно хорошо. В многочисленных теоретических разработках рассмотрены вопросы трансформации воздушного потока при его набегании с суши на водоем, получены уравнения, характеризующие изменения влажности воздуха и скорости ветра над водоемами, методы расчета испарения в зависимости от

климатических условий, состава имеющихся данных наблюдений и размеров водоемов.

Учет взаимодействия всех факторов, определяющих изменение метеорологических элементов над водной поверхностью описывается полуэмпирическими уравнениями, предложенными А.П. Браславским в 1966 году.

В современной практике воднобалансовых исследований и расчетов при определении испарения с водной поверхности используются данные водных испарителей и расчетные методы, к числу которых относятся:

- а) метод водного баланса;
- б) метод теплового баланса;
- в) диффузионный метод;
- г) гидрометеорологический метод (метод расчета испарения по формулам, выражающим зависимость испарения от определяющих его факторов).

Существуют десятки эмпирических формул, близких по структуре, но различающихся числовыми значениями входящих в них параметров. Возможности применения этих формул ограничены условиями физико-географических зон, в связи с чем формулы имеют узкорегиональное значение. В качестве основной расчетной зависимости используется формула ГГИ [2]:

$$E = 0.14n (e_o *e_{200}) (1 + 0.72U_{200}),$$
(2.6)

где Е – испарение, мм;

n – число суток в расчетном интервале времени;

е_о и е₂₀₀ – соответственно среднее значение максимальной упругости водяного пара и среднее значение абсолютной влажности воздуха над водоемом на высоте 200 см, мб;

 U_{200} – средняя скорость ветра на высоте 200 см над водоемом, м/с.

В зависимости то характера испаряющей поверхности чрезвычайно существенными могут быть потери на испарение. Оценка величины этих потерь,

то есть расчет суммарного испарения, является наиболее трудной задачей.

На водоемах, близких по площади и географическому положению, но различающихся по глубине, интенсивность испарения неодинакова. Расчетами испарения для водоемов разной глубины установлено, что испарение убывает с ростом глубины.

С двух взаимопротивоположных направлений влияет на величину испарения водная растительность. С одной стороны, - за счет ослабления скорости ветра в приводном слое воздуха и частичной затененности водной поверхности от прямой солнечной радиации происходит уменьшение испарения, с другой, — потери на испарение существенно возрастают за счет интенсивной транспирации.

По мере накопления экспериментального материала и совершенствования методики наблюдений было обнаружено, что интенсивность транспирации зависит от количества растительной массы на единицу площади, фазы развития растительности и гидрометеорологических условий данного года.

Изучение вопроса влияния водной растительности на суммарное испарение посвящено большое количество исследований, однако вопрос и в настоящее время остается нерешенным.

Обобщение всего накопленного материала позволило сделать вывод, что водная растительность повсеместно повышает потери на испарение, однако в зоне избыточного увлажнения степень этого повышения ниже, чем в засушливых районах страны.

Современная изученность этого вопроса не позволяет производить достаточно надежную корректировку испарения за счет транспирации от года к году и внутри испарительного сезона. Поэтому действующими нормативами рекомендуется вводить поправку только в сезонное испарение, в зависимости от климатической зоны и степени зарастаемости водоема.

Испарение с водной поверхности включено в уравнение водного баланса. Учитывая зарастаемость водохранилища (7 % от общей площади) транспирация должна быть учтена введением поправок к величине испарения.

2.2.5 Подземные компоненты

Подземные составляющие являются наименее изученными элементами водного баланса, поскольку для их определения необходимы трудоемкие и дорогостоящие гидрогеологические наблюдения в разных районах водосбора. Соответствующие наблюдения на водоемах не производятся, вследствие чего при расчетах водного баланса допустимо подземные компоненты в расчет не включать [6].

Подземный приток слагается из грунтовых вод, дренируемых водоемами. Основная их масса (почвенно-грунтовый сток) дренируется речной сетью бассейна и поступает в водоем вместе с поверхностным притоком. Часть подземных вод (напорные воды) грунтового стока может поступать в виде ключей через дно водоема, что, как правило, наблюдается при наличии маломощных и крупнозернистых грунтов в прибрежной зоне водоема и не имеет места на глубинных участках.

Подземный отток (фильтрация) осуществляется обычно в прибрежной зоне в тех случаях, когда уклон водоносных пластов направлен в сторону от водоема, а дно выстлано крупнозернистыми породами.

Аккумуляция в грунтах берегов наблюдается при переменном уклоне грунтовых вод на прибрежных участках в связи с изменением уровня водохранилищ.

Приближенные методы расчета подземных компонентов базируются на воднобалансовых методах и методах с использованием гидрогеологических данных (формула Дарси, метод «скорость на площадь», формула Депюи-Каменского).

Грунтовая составляющая не включена в уравнение, в связи с отсутствием данных.

2.2.6 Оценка точности расчетов водного баланса

Главным показателем надежности произведенных расчетов является оценка их точности. Значения компонентов водного баланса определяются с некоторыми погрешностями, которые в общем составляют суммарную погрешность расчета водного баланса или невязку.

Абсолютные и относительные величины невязок водных балансов в современной практике расчетов, как правило, определяются, согласно рекомендаций ГГИ [7]. Значение невязки зависит от степени изученности каждого элемента водного баланса, а также наличия неучтенных при расчете компонентов, которые из-за отсутствия данных для их определения входят в общую невязку баланса.

Невязка (N) определяется по уравнению:

$$\sum \Pi p - \sum P - \sum A = N, \tag{2.7}$$

где $\Sigma \Pi p$, ΣP и ΣA — соответственно суммы приходных, расходных и аккумуляционных элементов баланса.

Относительная невязка (в процентах) выясняется после уравнивания водного баланса. Уравнивание осуществляется по уравнениям:

$$\Sigma \Pi p = \Sigma P + \Sigma A,$$

$$\Sigma P = \Sigma \Pi p + \Sigma A$$
(2.8)

В тех случаях, когда происходит накопление воды в водоеме (изменение объема имеет положительное значение), для уравнивания используется первое уравнение, при сработке воды (изменение объема – отрицательное) – второе. Полного уравнивания правой и левой частей уравнения нельзя получить без учета невязки, поэтому невязка прибавляется (всегда с положительным знаком) к той части уравнения, которая оказалась меньшей на величину N. После уравнивания вычисляется невязка баланса в процентах, получаемая как отно-

шение величины N к приходной (или расходной) части уравненного водного баланса. Допустимая невязка водного баланса оценивается в соответствии с надежностью определения основных его элементов [6].

Точность расчетов водного баланса обусловлена погрешностью определения главнейших компонентов баланса.

Погрешности при расчетах элементов водного баланса могут быть разделены на две группы: случайные и систематические.

Случайные погрешности отражают современное состояние методов наблюдения и расчетов элементов водного баланса и в настоящее время устранены быть не могут. В таблице 2.1 приведены случайные погрешности определения основных элементов водного баланса водоемов.

Таблица 2.1 – Средние случайные погрешности определения основных составляющих водного баланса водоемов [6]

Элементы водного баланса	Средняя погрешность, %			
Измеренный приток (отток):				
для равнинных рек с устойчивым руслом	± 5			
на крупных ГЭС	± (2-50)			
на малых и средних ГЭС	± (5-8)			
Рассчитанный приток:				
в равнинных районах	± 20			
в горных районах	до ± 50			
Осадки на акваторию водоемов	± 20			
Испарение с акватории водоемов по формуле ГГИ	± 12,5			
Средний уровень	± (1-2) cm			
Учет заборов и сбросов:				
по мощности насосов	± (10-15)			
по формулам гидравлики и гидродинамики	± (10-20)			
по затратам воды на единицу выпускаемой продукции	± (20-50)			
по проектным нормам водопотребления	± (100-200)			
Подземный водообмен, приток и отток подземных вод	± (50-100)			

Систематические погрешности являются следствием того, что при расчетах баланса не учитываются те или иные постоянно или периодически действующие факторы. В отличие от случайных погрешностей систематические погрешности могут быть выявлены и устранены в результате анализа невязок водного баланса водоема. В таблице 2.1 приведен перечень наиболее распространенных причин систематических погрешностей расчетов основных составляющих водного баланса водоемов.

Увязка водного баланса должна проводится в соответствии со структурой уравнения водного баланса и вкладом элементов в общий баланс.

На первом этапе анализа определяется возможная средняя квадратическая погрешность расчета водного баланса (δ_N) по формуле:

$$\delta_{H} = \sqrt{(\delta_{1}^{2} + \delta_{2}^{2} + \dots + \delta_{n}^{2})}$$
(2.9)

где $\delta_1,\,\delta_2,\,...,\,\delta_n$ – средние квадратические погрешности оценки элементов водного баланса.

Исходя из доверительной вероятности P=0,95% и нормального закона распределения погрешностей расчета невязки, условие надежности расчета баланса имеет следующее выражение [2]:

$$-1,96 \, \delta_{N} \le N \le 1,96 \, \delta_{N} \tag{2.10}$$

Если невязка (N) выходит за пределы доверительного интервала, то может быть сделан вывод о недостаточной надежности расчетов элементов водного баланса. В таком случае проводится тщательная оценка погрешностей расчета составляющих уравнения водного баланса водохранилища.

Таким образом, уравнение водного баланса для западной части Пролетарского водохранилища можно записать следующим образом:

$$V_{np} + V_o + V_u + V_{cr} + V_\phi + V = 0, \qquad (2.11)$$

где V_{np} – поверхностный приток;

V₀ – осадки на поверхность водоема;

V_и - испарение с водной поверхности;

 V_{cr} – поверхностный сток;

 V_{ϕ} – фильтрация;

V – изменение объема воды.

2.3 Уравнение для расчета водного баланса западной части Пролетарского водохранилища

В наиболее полной форме водный баланс западной части Пролетарского водохранилища изучен за период 1967 – 1991 гг. [5]. Автором была использована схема расчета водного баланса, изображенная на рисунке 2.1.

При этом сток рек Егорлык и Средний Егорлык учитывался по данным наблюдений опорной гидрологической сети.

Данные о поступлении воды по концевому сбросу Пролетарского канала (КС ПК) были получены в Донском водохозяйственном объединении (ДВБО), атмосферные осадки определялись по данным метеостанции г. Пролетарска, а местный сток учитывался методом гидролого-климатических расчетов (ГКР).

Объемы сбросов воды в восточную часть Пролетарского водохранилища и сбросам через плотину Пролетарского гидроузла (ГУ) рассчитывались по данным Нижне-Донского района гидросооружений (НДРГС) с учетом открытия или закрытия проран в земляной дамбе у пос. Манычстрой (Бараниковская дамба).

Испарение с водной поверхности было рассчитано несколькими методами, сравнение результатов которых позволило автору включать в расчет данные наблюдений испарительных бассейнов (Дубовская и Цимлянская) с введением поправочного коэффициента 1,14, учитывающего транспирацию с заросших водной растительностью участков водоемов, составляющих в среднем

7 % от площади водохранилища [9]. С 1985 года, после закрытия Дубовской водно-балансовой станции, величины испарения были получены расчетным путем и скорректированы по данным наблюдений Цимлянской ГМО.

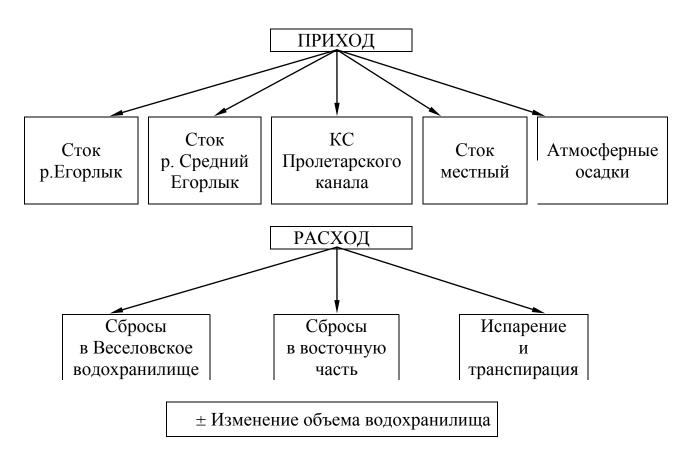


Рисунок 2.1 – Схема расчета водного баланса западной части Пролетарского водохранилища за период 1967 – 1991 гг.

При анализе водохозяйственной ситуации в западной части Пролетарского водохранилища и экспертизе имеющейся за 2014 год информации для расчета водного баланса было установлено, что водомерный пост на р. Средний Егорлык закрыт, сбросы воды в восточную часть Пролетарского водохранилища не производятся (прокоп в теле Бараниковской дамбы с 1991 года не открывается для пропуска воды).

Помимо этого, по данным ДВБО, в связи с длительным отсутствием ремонтных работ на Пролетарском ГУ, увеличилась фильтрация через тело пло-

тины, задвижки и неплотности закрытия затворов. Возникшие изменения учтены в расходной части добавлением в формулу статьи «Фильтрация».

На рисунке 2.2 приведена схема расчета водного баланса модифицированная с учетом современных условий управления водными ресурсами Западной части Пролетарского водохранилища.

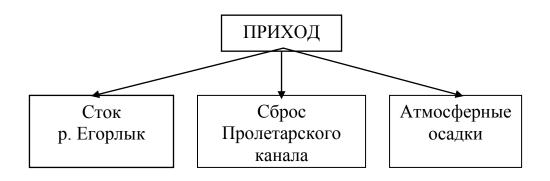




Рисунок 2.2 – Схема расчета водного баланса западной части Пролетарского водохранилища за 2014 год.

2.4 Исходные данные для расчета составляющих уравнения водного баланса западной части Пролетарского водохранилища

Для компоновки уравнения водного баланса западной части Пролетарского водохранилища, необходима следующая информация:

- 1) Данные по уровенному режиму;
- 2) Данные по стоку р.Егорлык;
- 3) Данные по объемам поступления воды КС ПК;
- 4) Данные по атмосферным осадкам;
- 5) Данные по сбросам воды через Пролетарский гидроузел;
- 6) Данные по фильтрации через устройства Пролетарского гидроузла:
- 7) Данные по испарению с водной поверхности.

Расчет водного баланса произведен в соответствие с Методическими рекомендациями (1986) [8].

2.5 Сравнительный анализ водного баланса 2014 года и осредненных данных водного баланса 1967 – 1991 гг.

Годовой водный баланс характеризуется следующими показателями:

Приходная часть:

Сток р. Егорлык – около 1520 млн. M^3 .

Атмосферные осадки -22,1 млн. м^3 .

Концевой сброс Пролетарского канала — 17,8 млн. ${\rm M}^3$.

Годовая сумма приходных статей -1559,9 млн. $м^3$. По объемам поступления основную роль в формировании водных ресурсов западной части Пролетарского водохранилища имеет кубано-егорлыкский сток.

Расходная часть:

Сбросы через Пролетарский $\Gamma Y - 1465$ млн. м³

Потери на фильтрацию – 102,5 млн. м³.

Испарение и транспирация -48,1 млн. M^3 .

Годовая величина расхода воды — 1615,6 млн. м^3 воды, что на 56 млн. м^3 выше объема поступления.

Изменение объема за год свидетельствует о преобладании режимов сброса над процессами аккумуляции воды.

Годовая невязка водного баланса — 3,6 % укладывается в пределы допустимой ошибки (\pm 7 %).

Наибольший вес в приходной части имеет сток р. Егорлык (98 %), в расходной – сбросы воды через Пролетарский ГУ (91 %) (рисунок 2.3).

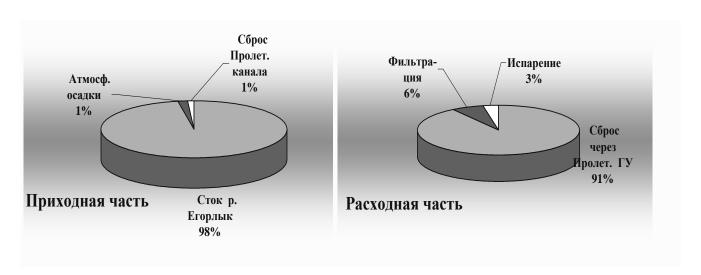


Рисунок 2.3 — Вклад составляющих приходной и расходной части (в % от годового)

Воднобалансовыми исследованиями за период 1967 – 1991 гг. установлено, что наибольший вес в приходной части водного баланса имел сток р. Егорлык (89 %), объемы поступления которого за исследуемый период изменялись от 650 (1987г.) до 1443 млн. м³ (1990 г.) в год.

Осуществляемая с 1974 года подача воды по концевому сбросу Пролетарского канала, наряду с местным стоком, вносили второй по величине вклад в приток вод (в среднем по 4 %). Объемы поступления вод с этими видами притока характеризовались неравномерностью и варьировали соответственно в пределах 211 - 8 млн. м^3 и 42 - 10 млн. м^3 .

Атмосферные осадки, выпадающие на небольшую, по сравнению с остальными водохранилищами, площадь водного зеркала, составляют около 2 % в общем притоке вод.

Пределы изменения сбросов воды в Веселовское водохранилище составляли 1588 — 1589 млн. м³, а объемы поступления воды в восточную часть в среднем за период находились на уровне 484 млн. м³. При этом, начиная с 1989 года, водохозяйственная политика в бассейне претерпела изменения и, в связи с необходимостью увеличения проточности Веселовского водохранилища с целью распреснения, сбросы воды в восточную часть с 1989 года снижаются и сводятся в 1991 году к нулю.

Величина испарения и транспирации в расходной части уравнения не играла существенной роли. Испарение 27,4 (1967 г.) – 60,1 (1975 г.) млн. м³ воды уменьшает объем призмы водоема в среднем всего на 4 %.

При проведении балансовых расчетов объем сброса воды в восточную часть Пролетарского водохранилища через устраиваемый прокоп в земляной Ново-Манычской дамбе, не обеспеченный гидрометрическими измерениями, был принят в расчетах, как остаточный член уравнения. Однако было бы ошибочным считать эту величину невязкой баланса, так как параллельными наблюдениями осуществлялся контроль за временем открытия и закрытия прорана в теле дамбы, что отражалось соответствующими отметками при проведении расчетов [5].

Результаты расчетов сведены в таблицу 2.2.

В целом, как свидетельствуют данные расчета, эксплуатация водных ресурсов западной части Пролетарского водохранилища практически не имеет «прикладного значения». Весь объем воды, поступающий в западную часть, проходя ее транзитом, сбрасывается в нижерасположенный водоем.

В современный период свою изначальную функцию водоема – распределителя кубано-егорлыкского стока между восточной частью Пролетарского и Веселовским водохранилищами западная часть утратила.

Однако итогами предшествующих расчетов показано, что в отдельные годы, при снижении величины поверхностного стока, весьма существенную роль могут иметь как климатические факторы: атмосферные осадки, местный сток и испарение с водной поверхности, так и факторы антропогенного про-

исхождения, к которым можно отнести сбросы по концевой ветви Пролетарского канала.

По итогам балансовых исследований сделан вывод, что в современный период водные ресурсы западной части не используется столь интенсивно, как, например, в Веселовском водохранилище. Функция межплотинного участка сведена к «статусу» транспортной магистрали для переброски стока из рек Кубани и Дона для распреснения Веселовского водохранилища.

Таблица 2.2 — Сравнительный анализ водного баланса 2014 года и осредненных данных водного баланса 1967 — 1991 гг.

1967 – 1991													
	приход						РАСХОД						
Местный сток	Сток р. Средний Егорлык	Сток р. Егорлык	Атмосферные осадки	Сброс Пролетарского канала	Итого	Сброс через Пролетарский ГУ	Сброс в восточную часть	Испарение и транспирация	Итого	Невязка, %			
42	16	1019	22	211	1153	615	484	43	1153				
3,6	1,4	88,4	1,9	18,3	100	53,3	42	3,7	100	%			
	2014												
ПРИХОД						РАСХОД							
		Сток р. Егорлык	Атмосферные осадки	Сброс Пролетарского канала		Сброс через Пролетарский ГУ	Фильтрация	Испарение и транспирация	Итого	Невязка, %			
		1500	22.1	17,8	1559,9	1465	102,5	48,1	1615,6	2.6			
		1520	22,1	1/.0	1333.3	1405	104.5	40.1	1012.0	3,6			

Выводы по Главе 2:

Водный баланс отражает совокупное воздействие всех факторов, влияющих на изменение водной массы водоема, обусловленное периодическими и циклическими колебаниями климата, а также антропогенной деятельностью на самом водоеме или на его водосборе.

Водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, применительно к внутренним водоемам выражает всеобщий закон сохранения материи и является главнейшей характеристикой их гидрометеорологического режима.

Приход воды осуществляется за счет:

- 4) поверхностного и подземного притока;
- 5) осадков, выпадающих на зеркало водоема;
- 6) конденсации водяных паров на его поверхности.

Расходование воды происходит путем:

- 3) поверхностного и подземного стока;
- 4) испарения с поверхности водоема.

Изменение объема водоема за рассматриваемый промежуток времени характеризуется аккумуляционными элементами баланса, главнейшим из которых является аккумуляция в чаше водоема.

Главным показателем надежности произведенных расчетов является оценка их точности. Значения компонентов водного баланса определяются с некоторыми погрешностями, которые в общем составляют суммарную погрешность расчета водного баланса или невязку.

Абсолютные и относительные величины невязок водных балансов в современной практике расчетов, как правило, определяются, согласно рекомендаций ГГИ

Расчетами современного водного баланса западной части (2014 год) и сравнительным анализом полученных данных с ретроспективными данными установлено, что в системе учета и распределения водных ресурсов про-изошли существенные изменения.

1. Изменилась схема расчета водного баланса. Схемы (рисунки 2.1 и 2.2) отличаются в приходной части — отсутствием в современный период таких компонентов, как местный сток и сток р. Средний Егорлык.

Изменились составляющие расходной части уравнения:

- а) С 1991 года прекращена подача воды в восточную часть Пролетарского водохранилища, и этот член уравнения ретроспективных балансов в расчетах за 2005 год отсутствует.
- б) Несвоевременность ремонта гидротехнических сооружений привела к усилению фильтрации в теле Пролетарской плотины, что вызвало необходимость учета влияния этого фактора в расходной части.
- 2. Сравнительный анализ ретроспективных данных и данных 2014 года (таблица 2.2) свидетельствует о росте величины поверхностного стока в 2014 году на 500 млн. м³, что увеличило его главенствующую роль в приходной части водного баланса с 88,4 (в 1967 1991 гг.) до 97,4 % и снизило роль атмосферных осадков до 1 %.
- 3. Существенно возросла в 2014 году и роль стока из водоема в расходной части (с 53,3 до 90,7 %). С изменением режима распределения воды в западной части и прекращением подачи в восточную часть водохранилища более чем на 800 млн. м³ возросли попуски воды в Веселовское водохранилище. Почти на 1 % снизилась роль испарения, возросла фильтрация, составившая в итоге 6,3 % от годовой величины расхода. При этом следует отметить, что ее влияние не имеет никакого значения на режим формирование водных ресурсов, т. к. фильтрация так или иначе является частью попуска. Однако с точки зрения безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений этот факт является негативным.

- 3 Особенности гидрохимических и гидробиологических показателей водохранилища
- 3.1 Анализ тенденций гидрохимических показателей

Пролетарское водохранилище относится к солоноватоводному типу водоемов (согласно данным АзНИИРХ).

Западная часть Пролетарского водохранилища характеризуется относительно стабильным соотношением главнейших ионов и незначительным уменьшением минерализации воды с запада на восток по длине водохранилища.

В 1993 — 1999 гг. средний уровень минерализации воды колебался в пределах 1,0 - 2,4 г/л (по данным АзНИИРХ). Химический состав воды относится к хлоридному классу группы кальция. Некоторое опреснение в восточной части межплотинного участка связано с поступлением Егорлыкско-Кубанской воды. Однако в последние годы значительно сократилась подача кубанской воды через Невинномысский канал. Ограниченная подача пресной воды в летние месяцы способствует повышению минерализации в водохранилище. Кроме этого в западную часть поступает вода реки Средний Егорлык. Этот район водоёма является проточным вследствие сброса части вод в Веселовское водохранилище. Ввиду высокой проточности, в межплотинном участке поддерживается благоприятный кислородный режим (содержание кислорода — 81,8 — 92,7 % насыщения). Для Пролетарского водохранилища в эти годы был характерен мало меняющийся в течение года уровень (0,3 — 0,5 м) [11].

В процессах формирования химического состава вод преобладающее значение имеет минерализация поверхностного притока. Основным источником выноса воды и солей из западной части является сток со всеми видами расхода.

Сложившаяся практика водопользования, даже несмотря на высокую проточность западной части, за 25-летний период способствовала аккумуля-

ции 128 тыс. т солей (при их практически равных объемах поступления и расходования) и почти двукратному увеличению минерализации этого водоема [5].

В связи с существующими изменениями водного баланса, а именно с уменьшением доли приходной части и увеличением доли расходной части, происходит увеличение концентрации имеющихся загрязняющих веществ.

 SO_4^{2-} — естественная фоновая концентрация вещества, что связано с существованием древнего морского водоема.

Рассмотрим динамику концентрации SO_4^{2-} за период с 1999 по 2006 года (таблица 3.1). Если в 1999 году концентрация составляла 792,4 мг/л, то с 2000 по 2002 год она была резко снижена до 6,3 мг/л в среднем, что было вызвано притоком кубанской воды. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов увеличивается и в 2006 г. составляет 1031 мг/л.

В результате поступления кубанской воды концентрация хлоридов также была резко снижена в 2000 - 2002 гг. и составила в среднем 0,62 мг/л. В 2003 году она постепенно увеличилась и в 2006 году достигла 223 мг/л (рисунок 3.1).

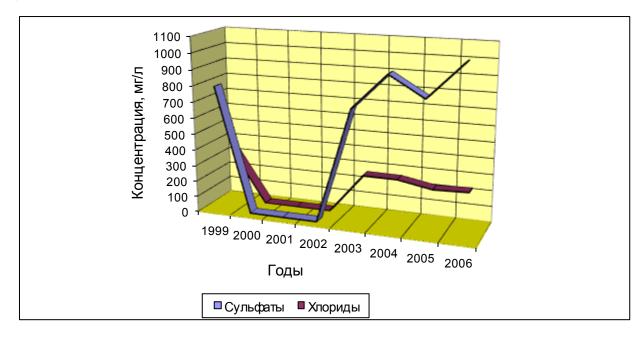


Рисунок 3.1 – Изменение концентрации сульфатов и хлоридов в Пролетарском водохранилище с 1999 по 2006 гг.

Таблица 3.1 – Гидрохимические показатели Пролетарского водохранилища с 1999 по 2006 гг. (данные СКУГМС)

Название	Единицы	Средние значения							
ингридиента	измерения	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Взвешенные вещества	мг/л	45,00	80,33	59,00	66,50	97,50	34,50	46,67	99,00
pН		7,625	6,890	7,400	7,200	7,572	7,335	7,613	7,980
Сульфаты	мг/л	792,4	7,096	6,160	6,587	723,5	938,5	813,7	1031
Нитриты	мг/л	0,018	5,100	0,600	0,575	0,025	0,039	0,042	0,02
Фосфаты	мг/л	0,026	0,033	0,060	0,172	0,044	0,035	0,037	0,04
Хлориды	мг/л	318,5	0,344	0,595	0,907	255,5	253,3	215,2	223,0
Железо общ.	мг/л	0,210	0,027	0,180	0,175	0,250	0,130	0,117	0,114
Медь	мкг/л	7,500	2,333	3,000	1,000	2,333	3,750	2,000	1,140
Цинк	мкг/л	9,500	6,000	4,000	3,500	4,500	6,500	7,333	2,570
Нефтепро- дукты	мг/л	0,095	0,050	0,060	0,035	0,043	0,100	0,060	0,073
БПК5	мг/л	2,450	1,250	1,050	0,845	1,952	2,815	3,013	3,33
Насыщ. кислородом	%	119,5	127,00	119,00	105,50	122,50	90,25	106,70	109,00

Анализируя таблицу 3.1, можно сказать, что в период с 1999 по 2006 года реакция рН среды была в пределах нормы, концентрация фосфатов в среднем составила 0,056 мг/л. Концентрация NO_2 в 1999 году составляет 0,018 мг/л, а в 2000 году -5,1 мг/л, что может быть вызвано притоком кубанской воды, содержащей нитриты как смывы с полей. Начиная с 2001 года концентрация NO_2 постепенно снижается и в 2006 году уже составляет 0,04 мг/л (рисунок 3.2). Кислородный режим водохранилища удовлетворительный.

В 1999 – 2006 гг. средний уровень минерализации воды составляет 3,2 г/л, что почти в 1,5 раза больше, чем в предыдущие 7 лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что высокая концентрация сульфатов в водохранилище связана с природными условиями данного региона, а именно с геологическим прошлым.

По величине УК ИЗВ вода относится к 4 «А» классу и оценивается как «грязная» (по данным СКГМЦ).

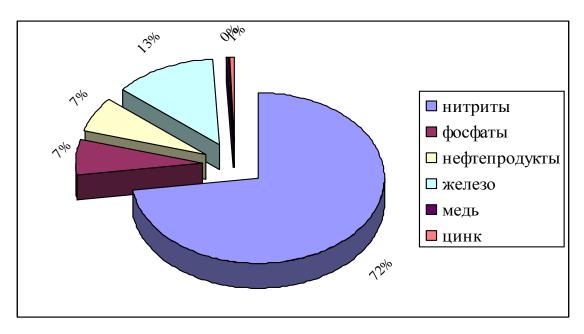


Рисунок 3.2 – Процентное содержание загрязняющих веществ в Пролетарском водохранилище с 1999 по 2006 гг.

3.2. Структура экосистемы водохранилища

Как известно, в водоемах достаточной глубины выделяют три зоны (рисунок 3.5) с характерными экологическими факторами, определяющими особенности жизненных форм.

Верхний слой воды, доступный для проникновения солнечного света и насыщенный кислородом, называется лимнической зоной. Продуценты в этой зоне представлены фитопланктоном — плавающими микроскопическими одноклеточными водорослями (зелеными, сине-зелеными и диатомовыми). Обилие фитопланктона зависит от сезонов года. В зимний период в замерзающих водоемах фитопланктона нет или он крайне малочислен. Его развитие лимитирует снежно-ледяной покров, препятствующий проникновению в водную толщу солнечного света. Весной и летом (а иногда и осенью) наблюдается интенсивное развитие фитопланктона — так называемое «цветение», обусловленное в основном резким увеличением численности сине-зеленых водорослей.

Консументы лимнической зоны могут быть объединены в три группы: 1) зоопланктон — пассивно парящие в водной толще организмы (рачки и др.); 2) нектон — активно плавающие, самостоятельно перемещающиеся организмы: амфибии, рептилии, многочисленные рыбы и водные насекомые; 3) нейстон— обитатели поверхностной пленки (водомерки, личинки комаров, улитки).

Прибрежные мелководные участки верхней части водоема образуют литоральную зону. Для этой зоны характерно развитие водных растений, прикрепленных ко дну (см. рисунок 3.5). Это нитчатые водоросли, образующие так называемую тину, и высшая водная растительность — цветковые растения, имеющие в отличие от фитопланктона и водорослей развитые органы (корни, стебли, листья) и настоящие цветки. Именно прикрепленные растения являются основными продуцентами в литоральной зоне. Обычно они образуют на литорали три концентрических пояса. В первом поясе, у самого берега, развиваются растения, у которых под водой находятся только корни (камыш и др.). Это — пояс надводной вегетации, образующий важное связующее звено между водной и наземной средой. Здесь гнездятся и выводят птенцов многие птицы.

Глубже располагается пояс растений с плавающими на поверхности воды листьями (кувшинки, кубышки). Это своего рода естественный инкубатор для мальков и молоди рыб.

Еще глубже находится пояс подводной вегетации, образованный растениями, полностью погруженными в воду. Заросли растений в этом поясе представляют собой подводные пастбища, на которых пасутся травоядные водные и околоводные млекопитающие.

Нижняя часть водоема называется профундальной зоной. Она служит аккумулятором различных органических отходов из лимнической и литоральной зон. Малая освещенность, недостаток кислорода препятствуют развитию продуцентов, но благоприятствуют существованию редуцентов — бактерий и грибков, которые перерабатывают отходы и обновляют питательную среду водоема. Развитие редуцентов происходит на дне водоема: на поверхности грунта или в толще осадков.

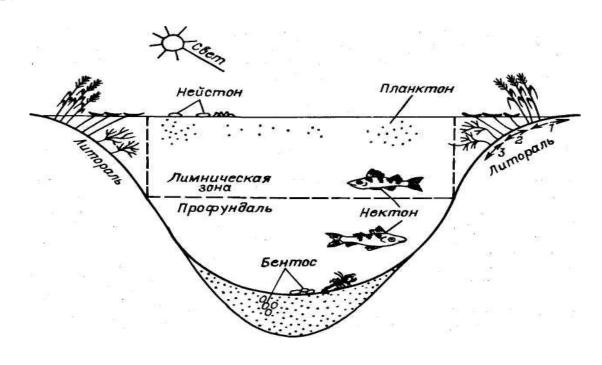


Рисунок 3.5 – Экосистема водоема. 1 — пояс надводной вегетации; 2 — пояс растений с плавающими листьями; 3 — пояс подводной вегетации [15].

Такие организмы, жизнь которых связана с дном водоема, называются бентосными, а образуемые ими сообщества — бентосом. Помимо редуцентов в состав бентоса входят также и консументы. Это личинки многих насекомых, пиявки, раки и др. Особую специфическую группу бентосных консументов представляют двустворчатые моллюски — фильтраторы, профильтровывающие огромные массы воды и отцеживающие из них мельчайшие взвешенные частицы. Фильтраторам принадлежит исключительная, ведущая роль в процессах очистки и обновления водной среды.

Таким образом, в водоемах в силу ряда причин, важнейшими из которых являются отсутствие сильных течений и циркуляции воды, формируется вертикальная организация экологической системы. Верхняя часть водоема — лимническая зона — представляет собой продуцирующую область, в которой солнечная энергия связывается и превращается в пищу для гидробионтов.

Нижняя часть водоема — профундаль — является зоной разложения и регенерации питательных элементов. Связь между этими зонами осуществляется главным образом благодаря непрерывным вертикальным миграциям гидробионтов, в первую очередь активно перемещающегося нектона. Дополнительные каналы связи образуются при возникновении в водоеме вертикальных токов воды [15].

В Пролетарском водохранилище, в свою очередь, развиты все перечисленные зоны. А именно, к 1964 году в водохранилище было обнаружено 24 вида водной и прибрежно-водной растительности [14]. Под влиянием опреснения происходило постепенное оттеснение соленолюбивых водных растений (например, руппии морской) на восток и увеличение площади, занимаемой пресноводными формами (урути).

Небольшая глубина, хорошее прогревание воды, наличие зарослей подводной растительности создавали прекрасные условия для зоопланктона. В первые годы после заполнения водохранилища водой зоопланктон отличался качественной бедностью (17 видов), а к 1965 году он насчитывал уже 53 вида. Подобная ситуация наблюдалась и в бентосе. В 1953 — 1967 гг. его состав включал более 80 видов и форм.

Богатая кормовая база создала хорошие условия для размножения и откорма рыб. Последние проникли сюда из Дона и Веселовского водохранилища, из впадающих в Маныч рек, а отдельные виды были вселены в водоем искусственно. В 1960 — 70-х гг. в водохранилище обитало 28 видов. В 1954 — 1963 гг. уловы основных промысловых рыб здесь колебались от 10,6 до 18,2 тыс. ц, среди которых 50 — 75 % занимал сазан, 10 — 15 % — тарань, 15 — 20 % — судак и 1 — 10 % — лещ [12].

По данным научных организаций (АзНИИРХ, 1972), происходит зарастание акватории Пролетарского водохранилища сине-зелеными водорослями, биомасса которых возрастает во второй половине лета [18]. Солоноватоводная среда водоема определяет значительную специфичность его как водноболотного угодья. Составу фитопланктона свойственно большое разнообразие

— более 180 видов. Доминирующей группой как по численности (3802000 клеток на 1 м³), так и по биомассе (до 719 мг/м³) являются синезеленые водоросли. Многочисленны также диатомовые и зеленые водоросли. В небольшом количестве встречаются протококковые и эвгленовые.

Хорошая циркуляция, прогреваемость, а также повышенная минерализация воды благоприятствуют развитию зоопланктона, в составе которого насчитывается 53 вида. В периоды максимальной продуктивности численность зоопланктона достигает 15-30 тыс. экз./м³, а иногда и 200 тыс. экз./м³. В составе донных сообществ гидробионтов насчитывается более 80 видов и форм. Средние показатели биомассы колеблются от 2 до 5,6 г/м² [14].

3.3 Взаимосвязь между концентрацией нитритов (NO_2) и сульфатов (SO_4^{2-}) и биомассой водорослей

Любая экологическая система, в том числе и водная, включает в себя большое количество биотических и абиотических составляющих. Однако их роль в жизни экосистемы неодинакова. Поскольку любая модель призвана отражать лишь основные особенности развития природы, количество моделируемых составляющих в ней (компонентов), как правило, ограничено.

В конечном итоге состав компонентов модели определяется характером решаемой задачи и массивом натурных данных. При этом часто приходится вводить в модель обобщенные (агрегированные) компоненты. Для биоценоза обобщение может проводиться в соответствии с таксономической структурой сообщества, экологическими и физиологическими особенностями видов. Наиболее крупными агрегированными единицами являются фитопланктонное, зоопланктонное и бактериопланктонное сообщества в целом, без детализации их таксономической и эколого-физиологической структур.

Для математического моделирования самые удобные – хорошо изученные, относительно простые, устойчивые водные экосистемы с небольшим числом компонентов [19].

Фитопланктон является важным экологическим объектом, при изучении которого широко применяются методы математического моделирования. Математические модели позволяют описать многие особенности поведения фитопланктона и в некоторых случаях довольно точно имитировать изменение плотности конкретных планктонных популяций.

Разработка и реализация конкретных моделей являются более трудоемким делом. Здесь требуется проделать большую работу по сбору, обработке и представлению в модели большого объема цифровой информации по экологическим характеристикам моделируемых фитопланктонных сообществ и по экзогенным факторам. Достоинством такой модели является возможность количественного сопоставления расчетной динамики с фактической, наблюдавшейся в реальной системе.

Чрезвычайно важным является то обстоятельство, что модели конкретных природных водоемов имеют не только естественнонаучное, но и прикладное значение. С их помощью можно прогнозировать изменения развития фитопланктона, нарушение его пространственно-временной структуры вследствие антропогенного воздействия, решать задачи мониторинга природных систем [20].

В данной работе была выявлена взаимосвязь между концентрацией нитритов (NO_2^-) и сульфатов (SO_4^{2-}) и биомассой водорослей (рисунки 3.6 и 3.7). Сульфаты являются естественной фоновой концентрацией вещества, которая увеличивается с 1999 по 2006 гг. (таблица 3.1), кроме того, SO_4^{2-} является критическим показателем для гидробионтов водохранилища. Нитриты являются одними из составляющих удобрений, к тому же в 2000 году их концентрация была резко увеличена в водохранилище за счет поступления кубанской воды. Биомасса водорослей зависит от концентрации SO_4^{2-} и NO_2^{2-} , поэтому эти компоненты были выбраны в качестве основных.

Так как данные по биомассе водорослей за 2001 – 2006 гг., к сожалению, отсутствуют, были построены графики зависимости между концентрацией нитритов и сульфатов и биомассой водорослей за 1999 – 2000 гг., на которых

был отражен тренд. Таким образом, был сделан прогноз о том, как будет изменятся биомасса водорослей с изменением концентрации нитритов и сульфатов.

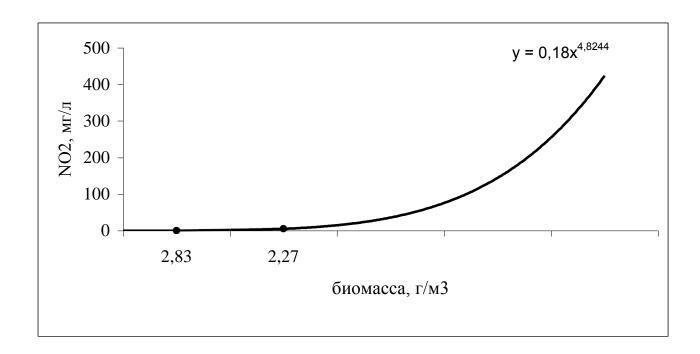


Рисунок 3.6 – Зависимость биомассы водорослей от концентрации нитритов (NO_2)

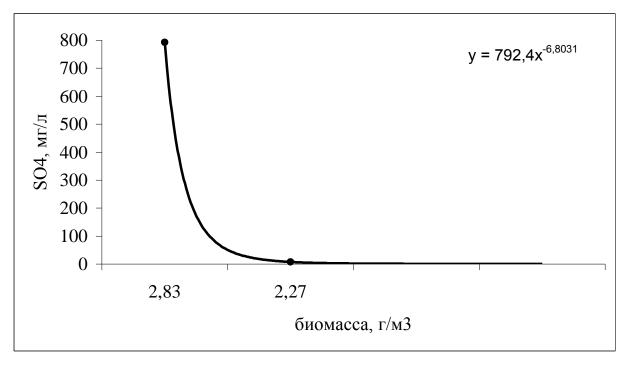


Рисунок 3.7 – Зависимость биомассы водорослей от концентрации

сульфатов (SO^{2-}_{4})

Рассматривая рисунки 3.6 и 3.7, можно сделать вывод, что в 1999 – 2000 гг. при увеличении концентрации NO₂ и уменьшении концентрации SO²-4 уменьшается биомасса водорослей. В период опреснения, с 2000 по 2002 гг. также происходит уменьшение биомассы. Это может говорить о том, что в Пролетарском водохранилище значительная часть водорослей представлена солоноватоводными видами. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов сильно увеличивается, концентрация нитритов, наоборот, уменьшается. Следовательно, будет уменьшаться и биомасса водорослей.

Выводы по Главе 3:

Согласно данным АзНИИРХ Пролетарское водохранилище относится к солоноватоводному типу водоемов.

В процессах формирования химического состава вод преобладающее значение имеет минерализация поверхностного притока. Основным источником выноса воды и солей из западной части является сток со всеми видами расхода.

Сложившаяся практика водопользования, даже несмотря на высокую проточность западной части, за 25-летний период способствовала аккумуляции 128 тыс. т солей (при их практически равных объемах поступления и расходования) и почти двукратному увеличению минерализации этого водоема [5].

В связи с существующими изменениями водного баланса, а именно с уменьшением доли приходной части и увеличением доли расходной части, происходит увеличение концентрации имеющихся загрязняющих веществ.

Динамика концентрации SO_4^{2-} за период с 1999 по 2006 года показывает, что если в 1999 году концентрация составляла 792,4 мг/л, то с 2000 по 2002 год она была резко снижена до 6,3 мг/л в среднем, что было вызвано притоком кубанской воды. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов увеличивается и в 2006 г. составляет 1031 мг/л.

В результате поступления кубанской воды концентрация хлоридов также была резко снижена в 2000 – 2002 гг. и составила в среднем 0,62 мг/л. В 2003 году она постепенно увеличилась и в 2006 году достигла 223 мг/л

Анализируя данные наблюдений, можно сделать вывод, что в период с 1999 по 2006 года реакция рН среды была в пределах нормы, концентрация фосфатов в среднем составила 0,056 мг/л. Концентрация NO_2^- в 1999 году составляет 0,018 мг/л, а в 2000 году - 5,1 мг/л, что может быть вызвано притоком кубанской воды, содержащей нитриты как смывы с полей. Начиная с 2001 года концентрация NO_2^- постепенно снижается и в 2006 году уже составляет 0,04 мг/л. Кислородный режим водохранилища удовлетворительный.

В 1999 – 2006 гг. средний уровень минерализации воды составлял 3,2 г/л, что почти в 1,5 раза больше, чем в предыдущие 7 лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что высокая концентрация сульфатов в водохранилище связана с природными условиями данного региона, а именно с геологическим прошлым.

По данным СКГМЦ вода относится к 4 «А» классу и оценивается как «грязная».

В 1999 — 2000 гг. при увеличении концентрации NO_2^- и уменьшении концентрации SO_4^{2-} уменьшается биомасса водорослей. В период опреснения, с 2000 по 2002 гг. также происходит уменьшение биомассы. Это может говорить о том, что в Пролетарском водохранилище значительная часть водорослей представлена солоноватоводными видами. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов сильно увеличивается, концентрация нитритов, наоборот, уменьшается. Следовательно, будет уменьшаться и биомасса водорослей.

Заключение

В результате проделанной работы решены все поставленные задачи и реализована цель и получены следующие результаты:

Водохранилища в бассейне р. Маныч являются одним из основных элементов гидрографической сети и играют весьма большую роль в его водохозяйственном балансе.

Наибольшим из Манычских водохранилищ является Пролетарское, созданное путем затопления долины р. Западный Маныч и ряда озер Манычской котловины, в том числе озер Маныч-Гудило и Большой Лиман. В последствии некоторые затопленные озера превратились в обширные заливы: Маныч, Лопиловский, Долгонький, Подманок, Арал-Эмке и другиею

Манычские водохранилища, протяженностью около 430 км, ориентированные с северо-запада на юго-восток, расположены в Кумо-Манычской впадине тектоническом понижении, отделяющем юго-восток Русской равнины от Предкавказья.

Берега Пролетарского водохранилища, сложенные бурыми суглинками, сильно изрезаны рядом узких, вытянутых заливов, нередко глубоко вдающихся в сушу и в основном приуроченных к местам впадения балок и речек.

Пролетарское водохранилище расположено в зоне континентального климата, характеризующегося недостаточным увлажнением, жарким и сухим летом, сравнительно теплой зимой.

Для характеристики уровенного режима западной части Пролетарского водохранилища приняты данные водпостов Пролетарский гидроузел, верхний бьеф. В западной части колебания уровня зависят от поступления кубанской воды из Ново-Троицкого водохранилища по р. Егорлык, сбросов в восточную часть и Весёловское водохранилище.

Наиболее высокие уровни воды в течение года практически приходятся на апрель-июнь, что связано с весенним снеготаянием. Наименьшие уровни воды в течение года отмечаются на Пролетарском водохранилище в октябре-

ноябре.

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды в западной части Пролетарского водохранилища небольшая

Температура воды изменяется в течение года синхронно при минимуме в январе $(-0,4^{\circ}\mathrm{C})$ и максимуме в июле

Своеобразие геологических, климатических и гидрологических условий, в которых расположено Пролетарское водохранилище отразилось на химическом составе воды

По содержанию хлоридов вода Пролетарского водохранилища приближается к морской, а по содержанию сульфатов – к речной.

Минерализация воды Пролетарского водохранилища в его западной и восточной частях весьма значительно различается.

Качество воды в западной части Пролетарского водохранилища большую часть года соответствует оценке «допустимая для питья по необходимости», а зимой и особенно весной «допустимая для питья в крайнем случае». По уровню жесткости — «умеренно жесткая» зимой и осенью и «жесткая» весной и летом

Водный баланс отражает совокупное воздействие всех факторов, влияющих на изменение водной массы водоема, обусловленное периодическими и циклическими колебаниями климата, а также антропогенной деятельностью на самом водоеме или на его водосборе.

Водный баланс, определяемый процессами прихода и расхода воды, применительно к внутренним водоемам выражает всеобщий закон сохранения материи и является главнейшей характеристикой их гидрометеорологического режима.

Приход воды осуществляется за счет:

- 7) поверхностного и подземного притока;
- 8) осадков, выпадающих на зеркало водоема;
- 9) конденсации водяных паров на его поверхности.

Расходование воды происходит путем:

- 5) поверхностного и подземного стока;
- 6) испарения с поверхности водоема.

Изменение объема водоема за рассматриваемый промежуток времени характеризуется аккумуляционными элементами баланса, главнейшим из которых является аккумуляция в чаше водоема.

Главным показателем надежности произведенных расчетов является оценка их точности. Значения компонентов водного баланса определяются с некоторыми погрешностями, которые в общем составляют суммарную погрешность расчета водного баланса или невязку.

Абсолютные и относительные величины невязок водных балансов в современной практике расчетов, как правило, определяются, согласно рекомендаций ГГИ

Расчетами современного водного баланса западной части (2014 год) и сравнительным анализом полученных данных с ретроспективными данными установлено, что в системе учета и распределения водных ресурсов про-изошли существенные изменения.

1. Изменилась схема расчета водного баланса. Схемы (рисунки 2.1 и 2.2) отличаются в приходной части – отсутствием в современный период таких компонентов, как местный сток и сток р. Средний Егорлык.

Изменились составляющие расходной части уравнения:

- а) С 1991 года прекращена подача воды в восточную часть Пролетарского водохранилища, и этот член уравнения ретроспективных балансов в расчетах за 2005 год отсутствует.
- б) Несвоевременность ремонта гидротехнических сооружений привела к усилению фильтрации в теле Пролетарской плотины, что вызвало необходимость учета влияния этого фактора в расходной части.
- 2. Сравнительный анализ ретроспективных данных и данных 2014 года (таблица 2.2) свидетельствует о росте величины поверхностного стока в 2014 году на 500 млн. м³, что увеличило его главенствующую роль в приходной

части водного баланса с 88,4 (в 1967 - 1991 гг.) до 97,4 % и снизило роль атмосферных осадков до 1 %.

3. Существенно возросла в 2014 году и роль стока из водоема в расходной части (с 53,3 до 90,7 %). С изменением режима распределения воды в западной части и прекращением подачи в восточную часть водохранилища более чем на 800 млн. м³ возросли попуски воды в Веселовское водохранилище. Почти на 1 % снизилась роль испарения, возросла фильтрация, составившая в итоге 6,3 % от годовой величины расхода. При этом следует отметить, что ее влияние не имеет никакого значения на режим формирование водных ресурсов, т. к. фильтрация так или иначе является частью попуска. Однако с точки зрения безопасности эксплуатации гидротехнических сооружений этот факт является негативным.

Согласно данным АзНИИРХ Пролетарское водохранилище относится к солоноватоводному типу водоемов.

В процессах формирования химического состава вод преобладающее значение имеет минерализация поверхностного притока. Основным источником выноса воды и солей из западной части является сток со всеми видами расхода.

Сложившаяся практика водопользования, даже несмотря на высокую проточность западной части, за 25-летний период способствовала аккумуляции 128 тыс. т солей (при их практически равных объемах поступления и расходования) и почти двукратному увеличению минерализации этого водоема [5].

В связи с существующими изменениями водного баланса, а именно с уменьшением доли приходной части и увеличением доли расходной части, происходит увеличение концентрации имеющихся загрязняющих веществ.

Динамика концентрации SO_4^{2-} за период с 1999 по 2006 года показывает, что если в 1999 году концентрация составляла 792,4 мг/л, то с 2000 по 2002 год она была резко снижена до 6,3 мг/л в среднем, что было вызвано

притоком кубанской воды. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов увеличивается и в 2006 г. составляет 1031 мг/л.

В результате поступления кубанской воды концентрация хлоридов также была резко снижена в 2000-2002 гг. и составила в среднем 0,62 мг/л. В 2003 году она постепенно увеличилась и в 2006 году достигла 223 мг/л

Анализируя данные наблюдений, можно сделать вывод, что в период с 1999 по 2006 года реакция рН среды была в пределах нормы, концентрация фосфатов в среднем составила 0,056 мг/л. Концентрация NO_2^- в 1999 году составляет 0,018 мг/л, а в 2000 году -5,1 мг/л, что может быть вызвано притоком кубанской воды, содержащей нитриты как смывы с полей. Начиная с 2001 года концентрация NO_2^- постепенно снижается и в 2006 году уже составляет 0,04 мг/л. Кислородный режим водохранилища удовлетворительный.

В 1999 – 2006 гг. средний уровень минерализации воды составлял 3,2 г/л, что почти в 1,5 раза больше, чем в предыдущие 7 лет.

Таким образом, можно сделать вывод, что высокая концентрация сульфатов в водохранилище связана с природными условиями данного региона, а именно с геологическим прошлым.

По данным СКГМЦ вода относится к 4 «А» классу и оценивается как «грязная».

В 1999 – 2000 гг. при увеличении концентрации NO₂ и уменьшении концентрации SO₄ уменьшается биомасса водорослей. В период опреснения, с 2000 по 2002 гг. также происходит уменьшение биомассы. Это может говорить о том, что в Пролетарском водохранилище значительная часть водорослей представлена солоноватоводными видами. Начиная с 2003 года, концентрация сульфатов сильно увеличивается, концентрация нитритов, наоборот, уменьшается. Следовательно, будет уменьшаться и биомасса водорослей.

Актуальность проведения комплексных мер по использованию водных ресурсов Пролетарского водохранилища диктуется несколькими причинами: опустыниванием земель, прогрессирующей деградацией сельскохозяйственных угодий региона, ускоряющимся ухудшением качества водных ресурсов.

Критическими показателями загрязненности являются концентрации нитритного азота, меди, нефтепродуктов. Концентрация солей в р. Егорлык превысила 5 г/л, вода стала непригодной для полива сельскохозяйственных угодий. На фоне прогрессирующего засоления почв, регионального поднятия уровня грунтовых вод и опустынивания территории, водные ресурсы поверхностных вод оказались фактически исчерпанными. В регионе сложилась чрезвычайная экологическая ситуация.

Список использованных источников

- 1. Лурье, П.М. Река Маныч. Гидрография и сток / П.М. Лурье, В.Д. Панов, А.М. Саломатин.— Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2001.—160 с
- 2. Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ / Под ред. В.А. Знаменского, В.М. Гейгенко.— Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977.—204 с
- 3. Хрусталев, Ю.П. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю.П. Хрусталев, В.М. Василенко, И.В. Свисюк, В.Д. Панов, Ю.А. Ларионов. Ростов-на-Дону, 2002. 181 с
- 4. Лурье, П.М. Водные ресурсы и водный баланс Кавказа.— Санкт-Петербург: Гидрометеоиздат, 2002.— 506 с
- 5. Жукова, С.В. Гидролого-экологические аспекты использования водных ресурсов Пролетарского и Веселовского водохранилищ // Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. геогр. наук. Ростов-на-Дону, 2000. 19 с
- 6. Викулина, З.А. Водный баланс озер и водохранилищ Советского Союза. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1979. 175 с
- 7. Рекомендации по расчетам водного баланса крупных озер и водохранилищ. – Ленинград: Гидрометеоиздат, 1989. – 400 с
- 8. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования.— Ленинград: Гидрометеоиздат, 1986.— 167 с
- 9. Указания по расчету испарения с поверхности водоемов. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1969. 82 с
- 10. Кривенцов, М.И. Гидрохимия водохранилищ Западного Маныча. Ленинград: Гидрометеоиздат, 1974. 206 с

- 11.Витковский, А.З. Современное состояние ихтиофауны водохранилищ Манычского каскада // Автореф. дисс. на соискание уч. степ. канд. биол. наук.— Ставрополь, 2000.— 24 с
- 12.(http://wetlands.oopt.info/manych/physgeo.html)
- 13. Круглова, В.М. Веселовское водохранилище. Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1974. 118 с
- 14. Круглова, В.М. Пролетарское водохранилище. Ростов-на-Дону: Изд. РГУ, 1972. 180 с
- 15. Федоров, М.Н. Экология для гидротехников / М.Н. Федоров, М.Б. Шилин, Н.Н. Ролле. Санкт-Петербург, 1992. 35 с
- 16.(http://isuct.ru/dept/nochem/oht/ecolpro/pro7.html-20)
- 17.(http://herba.msu.ru/algae/materials/book/text/part1/15.html)
- 18.(http://www.spektr.info/turizm/mesta/don/48.html)
- 19. Дмитриев, В.В. Диагностика и моделирование водных экосистем.— Санкт-Петербург: Университет, 1995.—216 с
- 20.(http://grants.rs...i8emthft4.html)