

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГОБУ ВО «Российский государственный гидрометеорологический университет» филиал в г. Ростове-на-Дону

Кафедра гидрологии

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Тема: «Гидрологический режим и эколого-географические особенности Кубанского водохранилища».

Направление: 05.03.05 «Прикладная гидрометеорология», профиль – «Гидрология»

Выполнил студент 4 курса
факультета очного обучения

Пастухов С.С.

Научный руководитель:

д.г.н., профессор

Андреев С.С.

Санкт-Петербург

2016

Содержание

	Стр.
Сокращения	4
Введение	5
1 Физико-географические особенности Краснодарского края	8
1.1 Рельеф	11
1.2 Климатические особенности	13
1.3 Гидрография и гидрология	16
1.4 Почвообразующие и подстилающие породы	20
2 Гидрологический режим водохранилища	25
2.1 Основные гидрологические параметры	25
2.2 Гидрофизические характеристики	28
2.2.1 Температура	28
2.2.2 Ледовый режим	32
2.3 Гидродинамические характеристики	34
2.3.1 Волнение	34
2.3.2 Уровенный режим Краснодарского водохранилища	36
2.4 Заиление	40
2.5 Анализ современного состояния водного баланса на основе много- летних наблюдений	41
3 Гидрохимический режим	47
3.1 Условия формирования вод и водного режима	49
3.1.1 Донные отложения	52
3.2 Анализ современного гидрохимического состояния акватории на основе многолетних данных	53
4 Гидробиологическая характеристика	61
4.1 Фитопланктон	61
4.2 Зоопланктон	62
4.3 Формирование ихтиофауны	64
4.4 Формирование гидробиологических условий	67
5 Построение прогностической модели приходной части водного ба-	70

ланса.	
5.1 Понятие взаимной корреляционной функции (ВКФ)	70
5.2 Применение взаимной корреляционной функции для прогноза водного баланса Краснодарского водохранилища.	72
Заключение	75
Список использованных источников	80

Сокращения

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

БПК₅ – биохимическое потребление кислорода

ППК – СТР 23

ВСВ – восток-северо-восточный, стр35

В – восточный;

ГЭС – гидроэлектростанция; стр 36

ООН – организация объединенных наций; стр 46

АЗНИИРХ – Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства;
стр 46

ЗВ – загрязняющее вещество; стр 47

УК ИЗВ – индекс загрязненности воды;

Из всего многообразия преобразующей деятельности человека как по своим масштабам, так и по значению в глобальных экологических системах планеты особо выделяется два процесса: освоение новых территорий для сельскохозяйственного производства, промышленного и гражданского строительства и преобразование речного звена гидросферы на огромных пространствах суши путем гидротехнического строительства и создания новых водных объектов — водохранилищ. У водохранилищ нет природных аналогов (Авакян и др., 1987).

Создание искусственных водоемов (водохранилищ, прудов) нарушает функционирование речных биоценозов и приводит к массовому развитию («цветению») отдельных видов микроводорослей. В результате подобных явлений в водоемах может наблюдаться не только ухудшение качества воды, но и нежелательная трансформация (деградация) экосистемы (Сорокин и др., 1996).

В отечественной литературе распространено мнение, что после образования искусственного водоема биоценоз проходит поэтапно определяющие фазы развития (Кожова, 1978), которое завершается стадией стабилизации (Шаларь, 1972, Кузьмин, 1974, Водохранилища мира, 1979). Однако если исходить из уже сложившегося понимания экологической сукцессии как эволюционного развития экосистемы, то применительно к водным экосистемам оно намного шире (Margalef, 1968), чем первоначально выработанное в геоботанике. В фундаментальной экологии принято, что естественные водоемы в ходе своего развития поэтапно проходят стадии от олиготрофии до эвтрофии, что сопровождается последовательной сменой сообществ, накоплением органического вещества и заканчивается постепенным их зарастанием и умиранием (Одум, 1986).

Однако водохранилищам присуща особая система внутриводных процессов, им свойственны гидрологические, гидрофизико-химические и гидробиологические процессы не идентичные тем, что наблюдаются в других водных объектах (озерах, реках, каналах). Процессы трансформации вещества и энергии в

водохранилищах, особенно в глубоководных, имеют иные, чем в озерах и реках масштабы, направленность, интенсивность и длительность. Это выражается в структуре и продуктивности водных экосистем (Авакян и др., 1987). Формирование водного объекта сопровождается исключительно сложными, во многих случаях часто непознанными, сочетаниями взаимоотношений биоты, гидрологии и гидрохимии водоема, а также взаимодействиями между составляющими биоты (Водоохранилища мира, 1979). Под формированием водохранилища понимают многолетние воздействия комплекса процессов и явлений, определяющих облик нового гидрологического и географического объекта. Процесс формирования водоема может иметь разную продолжительность и длиться интенсивно в течение десятилетий (Водоохранилища и их воздействия..., 1986).

Одно из главных направлений современной гидроэкологии связано с изучением устройства и функционирования планктонных сообществ водохранилищ, важнейшими компонентами которых являются фито- и зоопланктон. Характер взаимодействия этих компонент во многом определяет эффективность трансформации вещества и энергии в водоемах и, следовательно, влияет на продуктивность водоема и качество воды (Одум, 1986). Одно из центральных мест в формировании экосистемы занимает фитопланктон - продуцент органического вещества и активный участник самоочищения водоема. Управление функционированием водной экосистемы начинается с управления структурой фитопланктонного сообщества.

Методологической основой экологических исследований служит системный подход, ориентированный на раскрытие целостности объекта и обеспечивающих ее механизмов, на выявление многообразных связей сложного объекта и сведения их в единую теоретическую картину. При этом система и экологическая система в том числе, понимается как совокупность взаимосвязанных элементов, образующих определенную целостность, единство. Она характеризуется также непрерывным единством с окружающей средой, во взаимодействии с которой система и проявляет свою целостность. Выявление системного характера объекта исследований требует разложение его на составные части с

установлением их свойств, а для определения сущности объекта как некой организации, необходим синтез этих частей в единое целое (Алимов, 2001).

Природные водные экосистемы являются сложными динамическими системами, состоящими из огромного количества компонент. Многокомпонентность и масштабность водных экосистем, в частности водохранилищ, обуславливают необходимость применения системного подхода в гидроэкологических исследованиях. Необходимость системного подхода в экологии осознана уже давно, фактически с момента зарождения ее как самостоятельной науки, отличающейся от ботаники и зоологии.

Все вышеизложенное является в полной мере обоснованием *актуальности* данной работы, *целью* которой является всестороннее рассмотрение в современный временной промежуток времени Краснодарского водохранилища и выявление его гидрологических и эколого-географических особенностей.

Указанная цель предопределила постановку следующих основных задач для ее реализации:

- исследование физико-географических особенностей Кубанского водохранилища;
- выявление особенностей гидрологического режима водохранилища;
- изучение гидрохимического режима водохранилища и прогноз значений его показателей;
- исследование гидробиологических условий водохранилища и прогнозирование биомассы наиболее распространенных водорослей.

Для написания работы были использованы данные АзНИИРХ, архивы СКГМЦ, материалы ФГУ «Кубаньмониторингвод».

1 Физико-географические особенности Краснодарского края

Краснодарский край расположен на юге Европейской части Российской Федерации. Наибольшая протяженность края с севера на юг – 372 километра, с запада на восток - 380 километров. Площадь территории Краснодарского края – 76 тыс. кв. км (0,45 % от территории РФ)

(рисунок 1.1).

Город Краснодар является административным центром Краснодарского края и расположен на правом берегу реки Кубани. Географические координаты города – 45° северной широты и 39° восточной долготы. 45-я параллель проходит в районе Краснодарского нефтеперерабатывающего завода (южная окраина города), у моста через Кубань, то есть город расположен почти посередине между экватором и Северным полюсом. 39-й меридиан проходит через озеро Карасун, приблизительно у стадиона "Кубань". Г.Краснодар расположен на Кубано-Приазовской низменности [1]. Климат умеренно-континентальный и умеренно влажный. Среднегодовая температура +11°, среднегодовое количество осадков – 610 мм. Самый теплый месяц июль (+22°), самый холодный месяц – январь (-2°). Летом при господстве восточных ветров часто бывают засухи. Эти же ветры зимой и весной иногда приносят пыльные бури. Западные и юго-восточные ветры приносят дожди: даже зимой они идут чаще, чем снег.

1.1 Рельеф

Описываемый район сочетает равнинные участки, всхолмленные предгорья и горные цепи. Согласно современному геоморфологическому районированию Западного Предкавказья северная часть района расположена на Западно-Кубанской равнине, а центральная и южная части охватывают северные макросклоны и осевую часть главного водораздела. По геоморфологическому районированию Краснодарского края территория г. Краснодар относится к Предкубанской равнине.



Рисунок 1.1 – Физико-географическая карта Краснодарского края

По характеру морфологии поверхности Прикубанская равнина – низменная слабоволнистая равнина с очень малым уклоном на запад и северо-запад.

Характеризуемая территория г. Краснодар расположена на правом берегу реки Кубань. Протяженность территории более 20 км, представлена она двумя террасами и поймой р. Кубань.

Основная часть территории (более 80 %) расположена на коренной III террасе р. Кубани, поверхность которой представляет собой довольно плоскую равнину со слабым уклоном в сторону Азовского моря. Характерными элементами рельефа этой территории являются многочисленные замкнутые депрессии – западины.

Западины по своей конфигурации, площади, глубине просадки весьма различны, форма их округлая, удлиненная, а глубина колеблется от нескольких сантиметров до метра и более, площадь варьирует от нескольких квадратных метров до нескольких гектаров. Большинство замкнутых депрессий являются реликтом прежнего рельефа [2].

Балочная сеть на характеризуемой территории развита слабо, в северной части, пограничной с Динским районом, балки наиболее глубокие, отличаются большой протяженностью и заболоченностью.

Около 15 % территории, относящейся к землям г. Краснодар, расположено на II надпойменной террасе р. Кубани, это большая часть жилого массива города, большая часть АОЗТ «Нива-1» и ООО «Союз - 92», южная часть учхоза «Кубань».

Вторая надпойменная терраса представляет собой полосу шириной 1 – 6 км, которая восточнее ст. Елизаветинской исчезает.

По устройству поверхности II надпойменная терраса близка к коренной.

Основная часть рельефа – равнина, а равнинность нарушают западины и притеррасные понижения. Переход между коренной и II надпойменной террасами осуществляется посредством пологонаклонного уступа, где в притеррасном понижении не редко выклинивается «верховодка», приводящая к переувлажнению почв.

Переход второй надпойменной террасы к пойменной происходит посредством крутого террасового уступа 12 – 13 м высотой, в котором можно проследить мощный пласт тяжелого лессовидного суглинка.

По правому берегу, пойма местами совсем исчезает и р. Кубань подмывает непосредственно вторую террасу.

Пойма представляет собой типичную низменную равнину, пониженную в притеррасной и более повышенную в прирусловой части.

Отличительной чертой поймы является ее значительная приподнятость по отношению к руслу. Центральная часть ее несколько понижена по сравнению с прирусловой.

Пойменная равнина покрыта сетью мелких петлеобразных ериков, приериковых гряд, понижений, западин. В результате строительства рисовой системы рельеф на некоторой части территории поймы сглажен.

Коренная и надпойменная террасы почти полностью покрыты черноземами. На коренной террасе преобладают черноземы легкоглинистого механического состава, на II надпойменной – тяжелосуглинистого. На склонах террасовых уступов формируются эродированные черноземы.

В днищах неглубоких западин, потяжинах и балочнообразных понижениях формируются луговато- и лугово-черноземные уплотненные почвы, которые могут затопляться поверхностными водами на короткий или более длительный период. В днищах более глубоких западин формируются лугово-черноземные слитые почвы, которые уже в ряде случаев подверглись заболачиванию.

В прирусловой повышенной части поймы р. Кубань сформировались аллювиальные луговые, а в понижениях поймы – аллювиальные лугово-болотные почвы.

1.2 Климатические особенности

Факторы, влияющие на формирование климата г. Краснодар и его окрестностей, разнообразны. Основные из них – продолжительность и интенсивность солнечного сияния, зависящие от географической широты места. Как из-

вестно, г.Краснодар находится почти посередине между экватором и Северным полюсом. Поэтому среднегодовое число часов солнечного сияния для города равно 2140 ч. Немаловажное значение для климата имеет и его географическая долгота.

В 20 км южнее г. Краснодар начинаются отроги Кавказа, простирающиеся с северо-запада на юго-восток и ограничивающие проникновение в описываемый район тропических воздушных масс. С севера и востока город открыт арктическим и континентальным воздушным массам, которые приносят зимой и весной морозную погоду без осадков, а летом сухую и жаркую. Юго-западные и западные воздушные массы зимой несут потепление и осадки в виде мокрого снега и дождя, а летом делают погоду прохладной и дождливой.

В целом климат г. Краснодар классифицируется как умеренно континентальный (по Б.П. Алисову, 1971).

Среднегодовая *температура* довольно высока – около 11°C, средняя летняя 22 С, средняя зимняя минус 0,5°C. Наиболее низкие температуры приходятся на январь и февраль. По многолетним наблюдениям, Минимальная температура в г. Краснодар зафиксирована в январе – 36,4° С. Наиболее теплая погода наблюдается во второй половине лета, самая высокая температура отмечена в августе – 39,9° С.

Климат характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом (191 день).

Первые заморозки могут наблюдаться в третьей декаде октября, а последние – во второй декаде апреля. После 10 апреля заморозков, как правило, не бывает, однако нередко они проявляются и в первой декаде мая, нанося значительные повреждения сельскохозяйственным культурам и плодовым деревьям.

Осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период активной вегетации их выпадает более 50 %. Среднегодовое количество осадков 600 – 670 мм. Распределение осадков в году неравномерное. По сезонам они распределяются следующим образом: с ноября по март выпадает 37 процентов, с

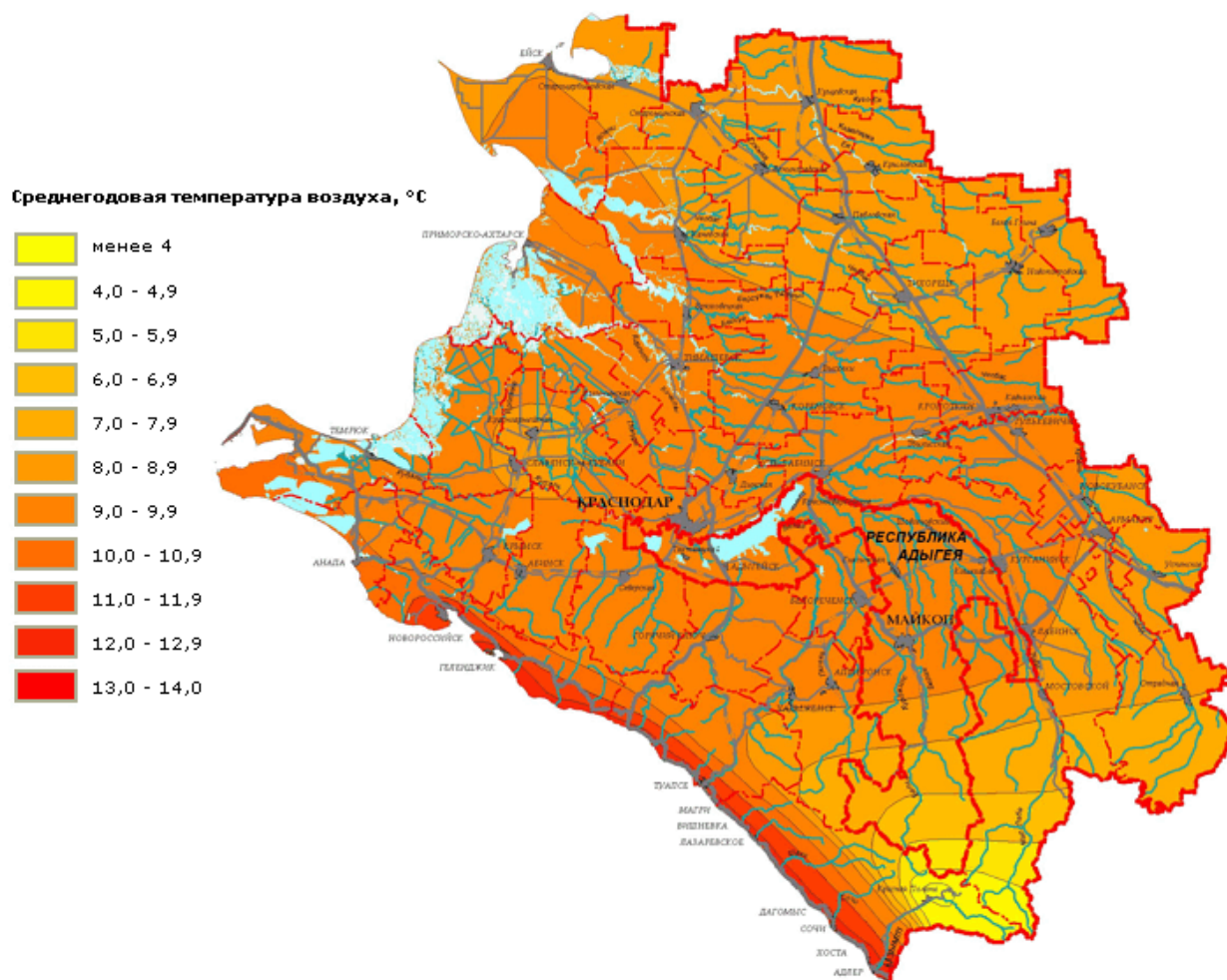


Рисунок 1.2 – Среднегодовые колебания температур.

апреля по октябрь 63 процента (из них в календарные летние месяцы – 30 процентов). Максимальное выпадение осадков приходится на середину лета, за июль – 65 мм, на январь минимальное – 38 мм. Суточный максимум осадков в Краснодаре зафиксирован в июле – 67 мм. Среднегодовое число дней с осадками 130. В период с положительной средней суточной температурой, который составляет 10 месяцев, испарение преобладает над осадками, хотя в отдельные месяцы могут наблюдаться отклонения от установленных норм.

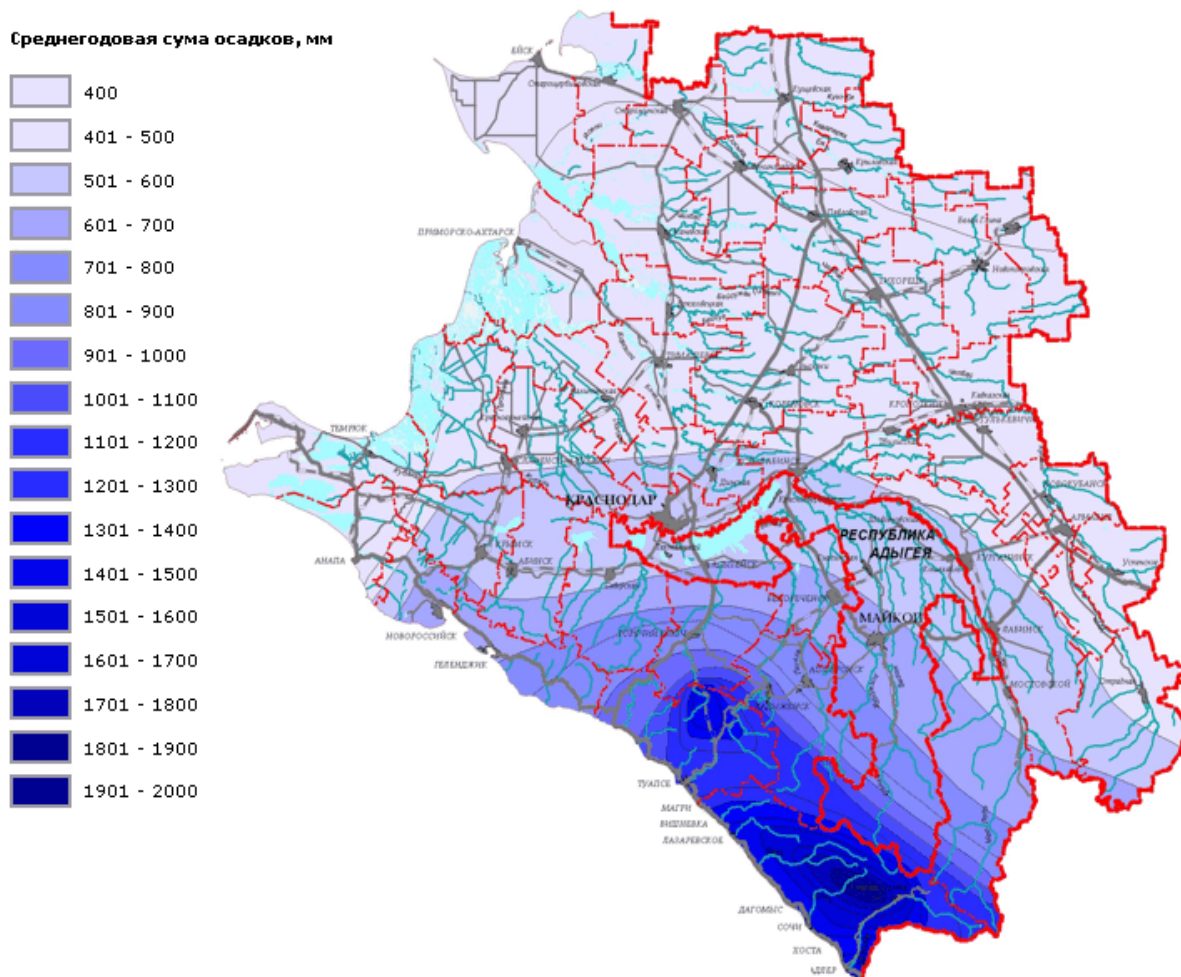


Рисунок 1.3 – Среднегодовые колебания осадков, 2006 год

Минимальные значения относительной влажности приурочены к июлю – августу (44 – 46 %), максимальные – к январю (79 %). В период засухи влажность может уменьшаться до 25 – 30 %.

Снежный покров и осадки в виде снега в г. Краснодар и пригороде неустойчивы, в среднем самое раннее появление снега зарегистрировано 10 декабря, самое позднее 4 января. В среднем снежный покров лежит от 45 до 68 дней в году. В течение зимы он может неоднократно появляться и исчезать. Средняя высота снежного покрова за зиму колеблется от 4 до 8 см. Наиболее ранний сход снега наблюдается 18 февраля, но в отдельные годы он не тает до конца марта. Максимальная мощность снежного покрова бывает в январе – 65-70 см.

Разнообразие физико-географических условий в Краснодарском крае создает предпосылки для развития местных *ветров*, из которых в районе г. Краснодар наблюдаются фены и горно-долинные ветры.

Фены – теплые, сухие ветры, дующие с гор. Температура при фенах может повышаться на 10° С. Зимой и ранней весной это вызывает обильное таяние снегов. Причиной горно-долинных ветров является разность температур воздушных масс в долине и на склоне. Днем они дуют по долине и склонам в горы, ночью в обратном направлении стекают вниз.

Сильные ветры наблюдаются на данной территории в конце осени и начале весны. На долю восточных и западных ветров приходится 35 %, северо-восточных и юго-западных – 37 %. К опасным ветрам в аспекте их негативного воздействия на здоровье и хозяйственные объекты относятся ветры восточного и северо-восточного направлений («бора»).

Район подвержен действию суховеев. Наиболее часто суховеи проявляются в июле – августе. Господствующие ветры восточного и северо-восточного направлений вызывают зимой вымерзание посевов, а при большой их скорости – пыльные бури [3].

Таким образом, климат исследуемой территории характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом, большой суммой положительных температур. Отрицательными моментами в этом аспекте являются поздние весенние заморозки, летние засухи и суховеи.

1.3 Гидрография и гидрология

Гидрографическую сеть территории представляют р. Кубань с её притоком – р. Карасун и Краснодарское водохранилище. Речная сеть города и пригородных территорий относится к бассейну Азовского моря.

Главная водная артерия города – река Кубань, протекает в широтном направлении – с востока на запад. Образуется от слияния рек Учкулан и Уккулан, вытекающих из ледников Эльбруса на высоте 2970 м. Питание р. Кубань получает смешанное: дожди, снег, грунтовые воды и ледники.

Общая длина реки – 870 км, площадь бассейна 57900 кв. км. Ширина реки от 100 до 350 м, глубина – 3 – 5 м. Вследствие значительного уклона обладает

быстрым течением – 2 м/сек, в паводковый период скорость течения достигает 3,5 м/сек, в межень 0,4 – 0,6 м/сек. Ширина реки в период стояния высоких вод 200 – 400 м, в межени 100 м. Уровень воды у Краснодара колеблется в пределах 5 м, ледовый покров здесь неустойчив: в отдельные годы наблюдается несколько ледоставов, а иногда река вообще не замерзает.

На всем протяжении Кубань имеет песчано-глинистое дно. Максимальная температура воды 24 – 25° С бывает в июле – августе, однако средняя температура в летние месяцы и сентябре держится на отметке 18° С. Все притоки р. Кубань левые. Это Псекупс, Четук, Афипис, Убин. Самый крупный – Псекупс, который зарождается на северо-западном склоне Агоя. Площадь водосборного бассейна Псекупса составляет 1430 км², протяженность 146 км. Впадает в Краснодарское водохранилище. Псекупс принимает много притоков, как левых, так и правых. Чепси и Каверзе – самые крупные из них. Питание Псекупса происходит в основном за счет атмосферных осадков и грунтовых вод. Режим паводочный. Максимум стояния воды приходится на весну и осень, минимум – на июль – сентябрь. Водный режим реки характеризуется интенсивными паводками в осенне-зимний период (ноябрь – март) и довольно устойчивой летней меженью, лишь изредка нарушаемой незначительными дождями.

Основной сток (75 – 80 % годового), образующийся за счет выпадения твердых и жидких осадков, наблюдается в зимний период – с ноября по март.

Роль грунтового питания незначительна.

Внутригодовое распределение стока после создания Краснодарского водохранилища имеет более сглаженный характер, но в целом сохранило характерные черты естественного режима, выраженного весенне-летним (апрель – август) половодьем и осенне-зимней меженью. Сток реки регулируется Краснодарским, Шапшугским и другими водохранилищами.

Безопасный пропуск части паводкового стока водохранилища по нижней части р. Кубань обеспечивается благодаря существующим сплошным дамбам обвалования.

В пределах города наблюдалось ранее и наблюдается теперь постепенное снижение уровня р. Кубань. После ввода в действие в 1973 году Краснодарского водохранилища процесс просадки уровней активизировался.

Вода р. Кубань относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы II типа. Минерализация воды достигает максимального значения весной – до 500 мг/л, минимального – летом 220 – 300 мг/л.

Концентрация водородных ионов (РН) колеблется от 7,0 до 8,0, что характеризует воду как нейтральную и слабощелочную.

Река Кубань оказывает существенное влияние на гидрологические условия и направление почвообразовательного процесса в пределах поймы. Под влиянием боковой фильтрации грунтовые воды в пойме имеют непостоянный уровень: в межпаводковый период они опускаются ниже, во время паводков, напротив, повышаются настолько, что способствуют переувлажнению (подтоплению) и даже заболачиванию пойменных почв.

На надпойменной и коренной террасах р. Кубани грунтовые воды залегают на глубине 3 – 15 м и на почвообразовательный процесс влияния не оказывают.

Источником увлажнения почв служат исключительно атмосферные осадки. Однако, сложившееся ранее представление о длительной истории почвообразования в степной зоне на протяжении тысячелетий, теперь следует дополнить пониманием и того очевидного факта, что в современных условиях формирование гидроморфных почв может протекать стремительно, в историческом аспекте – практически мгновенно. Это явление возникает под влиянием естественных или антропогенных факторов. Их воздействие на почву усиливается в результате совпадения во времени.

К природным факторам следует отнести колебания климата и, особенно, цикличность типов погоды – смена цикла сухих и засушливых по осадкам лет влажным погодным циклом.

Значительную роль в переувлажнении почв степной зоны играют и антропогенные факторы, действие которых усиливалось в последние годы за счет увеличения инфильтрационного потока в водоносные горизонты из ложа водо-

хранилища, на ирригационных системах, в результате перераспределения стока (главным образом поверхностного), из-за переувлажнения почв и других причин [4].

Фактор переувлажнения активным образом влияет на окружающую среду, вызывая деградацию почв – явление, обусловленное заполнением водой пор зоны аэрации почвогрунтовой толщи. Последнее обстоятельство устраняет важнейшую функцию почвы – её водоудерживающую и водопоглощающую способности. С этим в большой мере связаны катастрофические последствия подтопления сельскохозяйственных и городских земель в 1998 и 1999 годах.

Ареалы распространения переувлажненных черноземных почв тесно связаны с режимами грунтовых и поверхностных вод. Поскольку их действие в основном нестабильно, то ареалы переувлажненных почв нередко имеют пульсирующий характер. Они могут возникать на месте вполне благоприятных по своим свойствам черноземов.

В то же время, в наиболее глубоких бессточных замкнутых понижениях рельефа, широких днищах глубоко врезуемых и глубоких балок обычно уже на глубине 0,5 – 0,6 м, а также на глубине 1,5 – 2,0 м формируется верховодка. Появление верховодки здесь связано с наличием водоупорных иллювиальных горизонтов и просадочных грунтов. Уровень данных грунтовых вод подвержен резким колебаниям – подъем во время выпадения осадков и весеннего снеготаяния и падение в засушливый период, вплоть до полного исчезновения.

Залегая на местных водоупорных горизонтах, верховодка обуславливает сильное переувлажнение почв понижений рельефа, и вместе с тем заболачивание почв довольно глубоко врезуемых и глубоких балок с очень малым стоком поверхностных вод.

Грунтовые воды в пойме Кубани слабоминерализованы, сумма водорастворимых солей не превышает 0,5 г/л однако, преобладание в солевом составе бикарбонатов натрия может вызвать повышенную щелочность в почвах, под которыми залегают такие воды.

Под влиянием боковой фильтрации из Краснодарского водохранилища, грунтовые воды на землях, прилегающих к нему хозяйств несколько выше (2,5

– 3,0 м), чем в других пригородных хозяйствах, находящихся в одинаковых геоморфологических условиях и способствуют переувлажнению не только пойменных земель, но и черноземов.

В Краснодарском водохранилище качество воды идентично водам р. Кубань.

Река Карасун относится к категории степных рек, питание которых происходит, в основном, за счет атмосферных осадков. В соответствии с таким характером питания режим реки характеризуется мелководьем, лишь в весенний период заметно увеличивается объем воды.

Летом воды текут медленно, нередко пересыхают, обильно зарастая влаголюбивой растительностью. На режим этой реки оказывают свое влияние всевозможные запруды.

1.4 Почвообразующие и подстилающие породы

Общая площадь земель в крае составляет 7546,6 тыс. га. Распределение земельного фонда по угодьям (тыс. га):

- сельскохозяйственные угодья, всего – 4724,5;
- земли под поверхностными водами – 388,5;
- болота – 183,8;
- земли под лесами и древесно-кустарниковой растительностью – 1703,1;
- другие угодья – 548,6.

Две трети рельефа края занимают равнины. Почвенный покров в крае представлен 108 наименованиями почв: мощные и сверхмощные черноземы, черноземы обыкновенные, серые лесные, бурые лесные, дерново-карбонатные, коричневые, лугово-черноземные, луговые и прочие. На Азово-Кубанской, крупнейшей равнине, находятся плодороднейшие в стране черноземы, отличающиеся от черноземов других регионов России большой мощностью гумусового слоя, часто превышающей 120 см. Обращает на себя внимание систематическое уменьшение площадей многолетних насаждений. За семилетний период (1991 – 1998 гг.) в среднем, ежегодно, многолетние насаждения сокращались на

3,9 тыс. га, а за последний год – на 4,5 тыс. га. В составе земель сельскохозяйственного назначения особое место занимают орошаемые земли, которые размещены на общей площади 453,4 тыс. га, что составляет 6,0 % от общей площади земель края. Орошаемые земли представлены инженерными рисовыми системами (235,1 тыс. га), а также крупными системами, на которых применяются дождевальные установки (163,2 тыс. га).

Осушаемые земли в крае занимают всего лишь 24,1 тыс. га, или 0,5 % от общей площади земель сельскохозяйственного назначения; из них пашня составляет 19 тыс. га, многолетние насаждения – 0,7 тыс. га.

По данным государственного кадастра земель, бонитет сельскохозяйственных угодий и пашни в крае самый высокий в России. Однако, исследования, выполненные в неполном объеме по программе мониторинга земель, показывают, что состояние почвенного покрова края приблизилось к черте, за которой могут начаться необратимые процессы деградации земель. За последние 25 – 30 лет в крае отмечается устойчивая тенденция сокращения площадей пашни и многолетних насаждений из-за повышения грунтовых вод, засоления, закисления и других процессов деградации почв. Особенно активно почвы подвержены процессам водной эрозии. Площадь эродированной паши составила около 270 тыс. га. Площадь земель потенциально опасных для проявления процессов ветровой эрозии в крае составляет 3189,1 тыс. га, водной эрозии – 1246,5 тыс. га. Дефляции в крае подвержено около 1 млн. га земель. Содержание гумуса в почвах за последние годы сократилось до 3,9 %. Из-за потери плодородия и деградации почв подлежит консервации около 210 тыс. га пашни.

Наибольшее количество нарушенных земель возникает при разработке месторождений полезных ископаемых и их переработке – 2809 га, или 80 % от общей площади нарушенных земель.

Наиболее загрязнены почвы тяжелыми металлами, доля территории, загрязненной до уровня "умеренно опасный" составила 32,7 % от общей площади территории края, "опасный" – 5 %, "чрезвычайно опасный" – 2,1 %. Нефтяное загрязнение по вышеуказанным уровням составило соответственно 0,5 %, 0,4 %, 1,3 %. Нитратами загрязнена почва до уровня "умеренно опасный" на

площади, составляющей 3,5 % от площади края, "опасный" – 0,6 %. Выщелачивание почвы произошло до уровня "умеренно опасный" на 9,1 %, до "опасного" – на 5,8 % территории края. Засолены почвы до уровня "умеренно опасный" на площади, составляющей 5,3 % от территории края, до "опасного" – на 2,1 %, до "чрезвычайно опасного" – на 1,4 %.

Основными загрязнителями являются мышьяк, ртуть, фосфор, свинец, стронций, иттербий, иттрий. Накопление загрязнителей идет в рисосеющих районах Приазовской низменности, Хадыженской нефтеносной провинции, Белореченском районе, верховьях рек Псекупс, Пшиш, на Убинской рудной площади (ртуть), в г. Большие Сочи [5].

Определенную экологическую опасность несет в себе выщелачивание элементов из почв. Интенсивный вынос цинка, свинца, меди, кобальта происходит в плавнях Приазовской низменности, на Черноморском побережье и на склонах Ставропольской возвышенности. Нефтепродуктами и фенолами загрязнены почвы вдоль линии нефтяных месторождений в предгорных районах края. Нитратами загрязнены почвы в районах с интенсивным животноводством (Ейский, Кущевский и другие районы). Интенсивное засоление почв происходит в Приазовской низменности и в Анапском районе. Пестицидная нагрузка на сельскохозяйственные угодья в целом, значительно снизилась. Контроль за содержанием в почве радионуклидов показал, что их суммарная бетаактивность близка к фоновой величине.

Почвообразующие породы территории г. Краснодар представлены лессовидными глинистыми и тяжелосуглинистыми отложениями, видоизмененными лессовидными глинами и тяжелыми суглинками, аллювиальными отложениями различного механического состава.

Лессовидные породы, слагающие равнинные участки и склоны Предкубанской равнины характеризуются слабоуплотненным тонкопористым сложением у глин и тяжелых суглинков, а также почти повсеместно наличием уже в верхних их слоях карбонатов кальция в виде прожилок и «белоглазки» и большой изрытостью землероями.

Содержание физической глины в описываемых породах колеблется от 47,8 до 65,5 %. По отношению сумм фракций механических элементов они относятся к иловато-пылеватым легким глинам и тяжелым суглинкам.

Наличие высокого содержания крупнопылеватых частиц придает лессовидным глинистым и тяжелосуглинистым отложениям благоприятные водно-физические свойства – высокую водо- и воздухопроницаемость.

Кроме того, данные породы характеризуются хорошей влагоемкостью. В верхней части описываемых пород, как правило, реакция почвенной среды щелочная (рН вод. 8,0 – 8,4) с содержанием карбонатов кальция от 2,5 до 16,3 %, или нейтральная при их отсутствии (рН вод. 6,8 – 7,2).

На территории г. Краснодар выделены особо ценные сельскохозяйственные пахотные угодья. Занимают эти земли 29563 га. Почвенный покров особо ценных пахотных земель представлен черноземами, выщелоченными и типичными мало- и слабогумусными сверхмощными, в том числе слабосмытыми глинистыми и тяжелосуглинистыми.

Сформировались эти почвы на лессовидных отложениях глинистого и тяжелосуглинистого гранулометрического (механического) состава. Черноземы выщелоченные, типичные и обыкновенные, сформировавшиеся на этих породах, в значительной мере унаследовали их химический состав и водно-физические свойства.

Долговечность плодовых насаждений зависит от мощности корнеобитаемой толщи, включающей собственно гумусовые горизонты и проницаемую для корней подпочву. Эта толща не должна содержать негативных показателей, ограничивающих срок жизни деревьев и иметь следующие оптимальные свойства:

- гранулометрический (механический) состав с содержанием физической глины от 30 до 65 %;
- плотность почвы в пределах 1,35 – 1,40 г/см³;
- реакция почвенной среды от 6,9 до 8,5;
- отсутствие солонцеватости (поглощенный натрий в составе ППК) и

засоления. Предельно допустимая сумма вредных нейтральных солей менее 2,0 мг-экв. на 100 грамм почвы;

- отсутствие переувлажнения в профиле почв. Пресные грунтовые воды должны залегать глубже 2,0м.

Черноземы пригородной зоны Краснодара отвечают всем требованиям, предъявляемым плодовыми культурами почвам.

Выводы по Главе 1:

Краснодарский край расположен на юге Европейской части Российской Федерации. Наибольшая протяженность края с севера на юг – 372 километра, с запада на восток - 380 километров. Площадь территории Краснодарского края – 76 тыс. кв. км (0,45 % от территории РФ)

Описываемый район сочетает равнинные участки, всхолмленные предгорья и горные цепи. Согласно современному геоморфологическому районированию Западного Предкавказья северная часть района расположена на Западно-Кубанской равнине, а центральная и южная части охватывают северные макросклоны и осевую часть главного водораздела.

Факторы, влияющие на формирование климата г. Краснодар и его окрестностей, разнообразны. Основные из них – продолжительность и интенсивность солнечного сияния, зависящие от географической широты места. Как известно, г.Краснодар находится почти посередине между экватором и Северным полюсом. Поэтому среднегодовое число часов солнечного сияния для города равно 2140 ч. Немаловажное значение для климата имеет и его географическая долгота.

Среднегодовая *температура* довольно высока – около 11°C, средняя летняя 22 С, средняя зимняя минус 0,5°C. Наиболее низкие температуры приходятся на январь и февраль.

Климат характеризуется мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом (191 день).

Гидрографическую сеть территории представляют р. Кубань с её притоком – р. Карасун и Краснодарское водохранилище. Речная сеть города и пригородных территорий относится к бассейну Азовского моря.

Главная водная артерия города – река Кубань, протекает в широтном направлении – с востока на запад. Образуется от слияния рек Учкулан и Уккулан, вытекающих из ледников Эльбруса на высоте 2970 м. Питание р. Кубань получает смешанное: дожди, снег, грунтовые воды и ледники.

Общая длина реки – 870 км, площадь бассейна 57900 кв. км. Ширина реки от 100 до 350 м, глубина – 3 – 5 м. Вследствие значительного уклона обладает быстрым течением – 2 м/сек, в паводковый период скорость течения достигает 3,5 м/сек, в межень 0,4 – 0,6 м/сек.

Общая площадь земель в крае составляет 7546,6 тыс. га.

Распределение земельного фонда по угодьям (тыс. га):

- сельскохозяйственные угодья, всего – 4724,5;
- земли под поверхностными водами – 388,5;
- болота – 183,8;
- земли под лесами и древесно-кустарниковой растительностью – 1703,1;
- другие угодья – 548,6.

Две трети рельефа края занимают равнины. Почвенный покров в крае представлен 108 наименованиями почв: мощные и сверхмощные черноземы, черноземы обыкновенные, серые лесные, бурые лесные, дерново-карбонатные, коричневые, лугово-черноземные, луговые и прочие.

2 Гидрологический режим Краснодарского водохранилища

Краснодарское водохранилище, располагающееся на территории бассейна реки Кубань, является существенным элементом гидрографической сети и играет большую роль в водохозяйственном балансе. Основное его назначение: орошение, обводнение, водоснабжение, водный транспорт, рыбное хозяйство и в меньшей степени — гидроэнергетика.

По генезису водохранилища исследуемого региона делятся на три группы: русловые, наливные и озера-водохранилища. Краснодарское водохранилище относится к русловому типу. Его чаша расположена в долине реки Кубань, перегороженной плотинами.

Краснодарское водохранилище — контролирует 96 % годового стока р. Кубань, построено в 1968 – 1978 годах. Оно расположено в средней части долины реки Кубань на 307-223 км от ее устья между станцией Воронежской и городом Краснодар. Водохранилище было пущено в эксплуатацию в 1973 году.

2.1 Основные гидрологические параметры водохранилища

Водохранилище занимает пойму реки Кубань. Правый берег высокий, обрывистый с высотой берегового обрыва 2-10 м, а в отдельных местах — до 21 м. Левый берег низкий, пологий. Берега сложены лессовидными суглинками, песками и глинами, покрытыми аллювиальными отложениями. Рельеф дна сформировался в основном до затопления водохранилища, и поэтому наибольшие глубины наблюдаются по затопленному руслу р.Кубань (15 – 22 м) по бывшим старицам, а также по руслам подтопленных рек. Максимальные глубины отмечаются также в приплотинной части водохранилища, где они при отметке 35,0 м достигают 24,5 м. На большей же части водохранилища глубины не превышают 10 м [6].

Площадь водохранилища 397,8 км², наибольшая длина 46 км и средняя ширина 8,6 км. Полный объем водохранилища 2349,3 млн. м³, а полезный

2200 млн. м³. Подпорный уровень воды у плотины – 25 м. Длина береговой линии около 200 км. Средняя глубина 5,9 м при максимальной 24,7 м. Плотина водохранилища расположена на 242 км от устья. Плотина земляная, длиной по гребню 11,6 км. Высота плотины на пойме 14-15 м, в русле – более 20 м. Гребень плотины шириной 8 м. В плотине имеется водосбросное сооружение с рыбоприемником. Пропускная способность водосбросного сооружения при нормальном подпорном уровне 1300 м³/с, а при уровне катастрофического паводка – 1500 м³/с. Рыбоприемник расположен по оси водосбросного сооружения. Длина его 130 м, ширина 10 м, высота с эстакадой около 30 м. Имеется также судоходный шлюз, однокамерный с падением 16,5 м. Длина камеры шлюза 135 м и шириной 15 м.



Рисунок 2.1 – Карта-схема Краснодарского водохранилища.

В результате создания водохранилища были подтоплены нижние участки рек Белая, Пшиш, Марта, Апчас, Псекупс. При этом некоторые притоки этих рек оказались самостоятельно впадающими в водохранилище (реки Фильтук, Туапча, Дыш). В устьях всех рек, кроме реки Белой, образовались заливы типа эстуариев. Исключение составляет река Белая, в устье которой формируется дельта, которая за время существования (1978-2004 гг.) продвинулась в глубь

водохранилища на 5,2 км, создав дельту площадью 16,4 км² и практически разделившую Краснодарское водохранилище на две части. Образование дельты в устье реки Белой связано с наличием дамбы, огораживающей бывшее Тщетикское водохранилище от Краснодарского.

В верхней части в левобережье проходит дамба от хутора Водный до устья реки Белой, огораживающей бывшее Тщетикское водохранилище от основной части Краснодарского. Последнее между станцией Васюринской и Воронежской протянулось узкой полосой шириной 0,5-2,2 км. Кроме того, в левобережье имеется дамба в районе рек Псекупс и Дыш протяженностью около 6,0 км.

Краснодарское водохранилище на всем протяжении судоходное. Протяженность судового хода от города Усть-Лабинск до Краснодарского гидроузла равно 65 км. Основной судовой ход от города Усть-Лабинск до хутора Ленина проходит по затопленному руслу реки Кубань и далее до Краснодарского гидроузла судовой ход идет по затопленной пойме реки Кубань. От основного судового хода имеются ответвления к грузовым причалам х. Казаков и причал Кош (Тщетикские грузовые причалы в районе устья реки Белой). Гарантированные глубины судового хода при отметке проектного уровня 29,10 м от города Усть-Лабинск до устья реки Белая – 1,0 м, устье реки Белая до Краснодарского гидроузла – 1,5 м.

Водоохранилище построено с целью решения следующих задач:

- ✓ обеспечения срезки пиков паводков и устранения катастрофических наводнений в дельте Кубани;
- ✓ снабжения водой рисовых и других оросительных систем в нижней части бассейна реки Кубань;
- ✓ улучшения условий судоходства;
- ✓ осуществления ряда мероприятий по воспроизводству ценных пород рыбы;
- ✓ водоснабжения и рекреации [4].

2.2 Гидрофизические характеристики

2.2.1 Температура

Температурный режим Краснодарского водохранилища зависит от погодных условий, объема поступающих вод р.Кубани и ее притоков, а также от величины водообмена, скорости течения и ветрового перемешивания. По средним многолетним данным, наибольшего прогрева – 26,7-28,9 С (в среднем 24 С) вода достигает в июле-августе.

Температура определяет в водохранилище характер гидрохимических и биологических процессов. Основными особенностями температурного режима большинства кубанских водохранилищ являются высокие температуры воды в летний период и постоянное выравнивание температур по всей массе вследствие высокой гидродинамической активности водоемов. На поверхности водохранилища температура воды подвержена сильному воздействию метеорологических факторов в силу мелководности и, соответственно, слабо различается по глубине. На мелководьях вода нагревается и охлаждается быстрее, чем на открытых с глубинами более 3-5 м. Особо значительно прогревается вода в глубоководных бухтах и заливах [7].

Средняя годовая температура на водохранилище составляет +11,0 – 16,0 °С. Минимальные величины наблюдаются зимой, в январе. Температура воды с января постепенно повышается и достигает максимума в июле, когда ее величины достигают +24,5-24,7 °С, отмечающейся также в июле (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Даты перехода температуры воды на Краснодарском водохранилище через +0,2, 4 и +10 °С

Водохранилище - пункт	Весна, °С			Осень, °С		
	+0,2	+4	+10	+10	+4	+0,2
-станция Васюринская	-	14.03	7.04	30.10	14.12	-
- станция Старокорсунская	1.03	18.03	11.04	25.10	17.12	8.1
- г. Краснодар	6.03	18.03	15.04	28.10	18.12	12.1

Температура воды на Краснодарском водохранилище в прибрежной зоне и на акватории различается незначительно. Как и в прибрежной зоне, на акватории минимальные температуры воды отмечаются в зимние месяцы и составляют в декабре +2,8-3,5 °С, а максимальные в июне, когда они достигают +24,0-24,5 °С. Средние температуры воды поверхностного слоя и в прибрежной зоне в зимние и весенние месяцы различаются на +0,1-1,9 °С, а в летние месяцы они практически одинаковы (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Температура воды поверхностного слоя на акватории Краснодарского водохранилища, см.

Месяц	Участок			Месяц	Участок			Месяц	Участок		
	1	2	3		1	2	3		1	2	3
III	5,2	4,1	3,3	VII	24,0	24,5	24,0	XI	6,5	6,4	6,6
IV	12,9	12,6	11,6	VIII	22,9	23,4	23,6	II	2,8	2,8	3,5
V	18,2	17,9	17,6	IX	18,9	18,8	19,7	III-XII	14,4	14,4	14,5
VI	21,7	22,0	22,0	X	11,3	11,6	12,6				

Примечание. Границы участков: 1 – плотина створ устья реки Псекупс; 2 – створ устья реки Псекупс – створ устья реки Пшиш; 3 – участок водохранилища выше створа устья реки Пшиш.

2.2.2 Ледовый режим

Ледовый режим водохранилища 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 на водохранилище в виде заберегов, блинчатого льда, сала и редко шуги отмечаются в среднем в начале декабря. Очищение ото льда происходит на северных водохранилищах бассейна во второй декаде марта. Продолжительность ледовых явлений от 50 до 90 дней. Продолжительность

ледостава от 35 до 80 дней. Необходимо отметить, что на Краснодарском водохранилище начало ледовых явлений происходит раньше всего в его центральной части (16 декабря — станица Старокорсунская), несколько позже в верхней (18 декабря — станица Васюринская) и только в приплотинной 24 декабря, то есть на 8 дней позже чем в центральной. Более раннее появление льда в центральной части водохранилища связано не только с небольшими глубинами, но и малой скоростью течения (9 см/с). В верхней части водохранилища задержка появления льда объясняется наличием в районе больших скоростей течения при средней – 12 см/с и максимальной 20-24 см/с. Сравнительно позднее появление льда в приплотинной части связано в основном с большими глубинами водохранилища и соответственно со значительным теплозапасом в воде [4].

Продолжительность ледостава на Краснодарском водохранилище составляет от 7 до 65 дней и увеличивается от плотины к верховьям водохранилища достигая в районе станицы Васюринской 65 дней. До строительства водохранилища на этом участке реки Кубань продолжительность ледовых явлений была от 40 до 63 дней, а ледостава от 20 до 40 дней, то есть на водохранилище произошло значительное увеличение как числа дней с ледовыми явлениями, так и ледоставом.

Очищение ото льда Краснодарского водохранилища в верхней и средней части происходит одновременно (7 марта), а в нижней – на три дня позже (10 марта) (табл. 2.3). До строительства водохранилища на этом участке реки Кубань начало ледовых явлений отмечалось раньше на 3-4 дня, очищение ото льда и верхней и средней части – на 1-2 дня, а в нижней (г. Краснодар, пристань) на 12 дней.

Средняя толщина льда на водохранилищах незначительная и в основном объясняется небольшими глубинами и сравнительно высокими зимними температурами воздуха.

Таблица 2.3 – Средние даты начала ледовых явлений, очищение ото льда, продолжительность ледовых явлений и ледостава на Краснодарском водохранилище.

Водохранилище - пункт	Дата		Продолжительность, дней	
	начала ледовых явлений	очищение ото льда	ледовых явлений	ледостава
-станция Васюринская	8.XII	7.III	72	65
- станция Старокорсунская	16.XII	7.III	73	52
- г. Краснодар	24.XII	4.III	67	47

Наибольшая толщина льда отмечается в конце февраля и достигала 30 см. Нарастание льда на водохранилище в начале зимы происходит медленно и только в конце декабря начинается интенсивный рост. Средняя толщина льда к концу января достигает 15 см. В течение февраля толщина льда на водохранилище уменьшается и в конце февраля ледостав отмечается в 31 % лет, а на 10 и 20 марта соответственно в 23 и 8 % лет.

Интенсивность таяния льда весной составляет от 1 до 3 см/сутки и зависит от средних суточных температур воздуха.

2.3 Гидродинамические условия

2.3.1 Волнение

Наблюдения за волнением производились только на Краснодарском водохранилище в открытой части в 1,0 км от плотины с помощью максимально-минимальной рейки на глубинах 5-12 м. Волнение на водохранилище зависит от скорости и направления ветра. Преобладающими направлениями ветра на водохранилище являются восток-северо-восточное (ВСВ) и восточное (В). В зависимости от скорости ветра при восток-северо-восточном направлении длина разгона волн составляет 22,5 м, а высота волны изменяется от 65 см при скорости ветра 6 м/с до 160 см при скорости ветра 16 м/с. При восточном ветре

длина разгона волны 14,5 м, высота волны изменяется от 40 см при скорости ветра 4 м/с, 130 см при 12 м/с и 195 см – при 22 м/с (таблица 2.4). С прекращением ветра волнение прекращается в течение одного-двух часов.

Таблица 2.4 – Высота волн при различных скоростях и направлениях ветра на Краснодарском водохранилище.

Скорость ветра м/с										Наибольшая измеряемая высота волны	
4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	См	Дата
Направление ветра – ВСВ											
-	65	90	110	135	150	160	-	-	-	160	18.X.77
Направление ветра – В											
40	70	90	110	130	145	160	170	180	195	195	24.4.77

Скорость течения на участке с переменным напором в период наполнения водохранилища уменьшается, а по мере сработки – увеличивается. На истоке выше устья р. Белая при сработке водохранилища сохраняются обычные речные условия. Средние скорости течения изменяются от 6-8 см/с до 24 см/с при максимальных 42-48 см/с. Наибольшие скорости течения на акватории водохранилища отмечаются при западных и северо-западных ветрах на Васюринском спрямлении (станция Васюринская) и на Писарском перекате (2 км выше устья р. Белая). На участке от плотины до устья реки Псекупс обладают течения со скоростью 0-9 см/с, повторяемость которых 67,9 %. Вверх по водохранилищу повторяемость течений с такой скоростью уменьшается и в районе станции Старокорсунской равна 59,9 % и станции Васюринской — 40,5 %. Особенностью режима течений на водохранилище является и то, что на отдельных участках при высоком уровне воды они направлены поперек судового хода.

С поверхности водохранилищ происходит значительное испарение воды, что является одним из отрицательных факторов, поскольку при большом числе

образованных прудов возникают весьма существенные потери воды. По наблюдениям на озерной станции Краснодар за июнь-ноябрь в среднем за год испаряется 794 мм при наибольшей величине в июле (209 мм) и наименьшей в ноябре (38 мм).

2.3.2 Уровенный режим Краснодарского водохранилища

Уровенный режим водохранилища определяется притоком воды в него и ее расходом (сработкой). Соответственно, как внутригодовое, так и межгодовое изменение уровней определяются исключительно объемом поступления в водохранилище воды из рек и каналов, а также использованием ее на орошение и на работу ГЭС.

Таблица 2.5 – Среднемесячные уровни воды на Краснодарском водохранилище, см

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Уровень	498	582	653	776	816	804	704	536

Месяц	IX	X	XI	XII	Год	Макс	Мин
Уровень	452	393	428	512	596	900	183

Изменения уровня воды в различных частях водохранилища в течение года неодинаковы. Наибольшие изменения отмечаются в нижней части, наименьшие – в верхней, где в зоне выклинивания в течение всего года изменение уровней близко к ходу уровней реки [8]. Наиболее высокие уровни воды в течение года приходятся на апрель-июнь, что связано с весенним снеготаянием. Минимальные уровни отмечаются в зимние месяцы (табл. 2.5).

После заполнения водохранилища до полного объема в апреле – июне начинается сработка, поэтому уровень воды летом и в начале осени постепенно снижается. Спад уровня продолжается до октября – ноября, после чего отмеча-

ется незначительное его повышение, связанное с резким уменьшением подачи воды на орошение и сокращение испарения (рис. 2.2 – 2.5).

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды на водохранилище составляет 717 см.

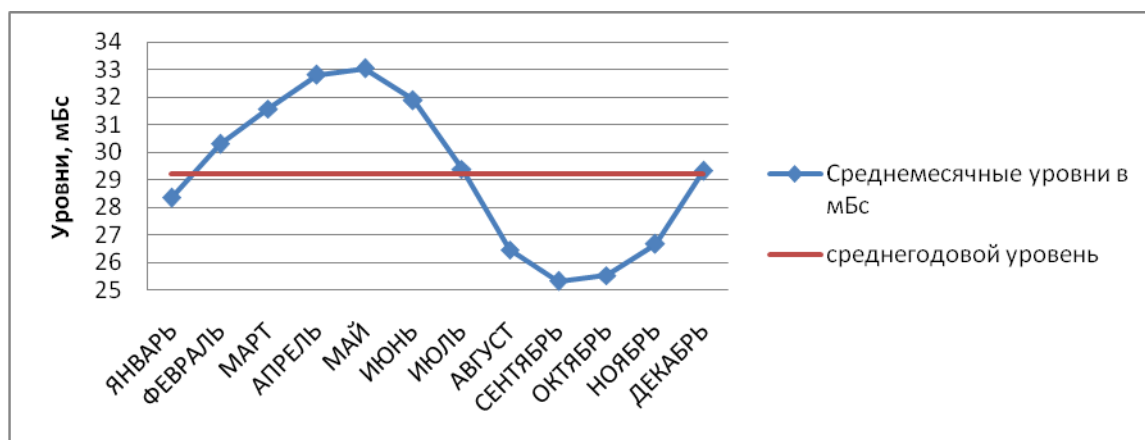


Рисунок 2.2 – Изменение уровня Краснодарского водохранилища, данные за 1994 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

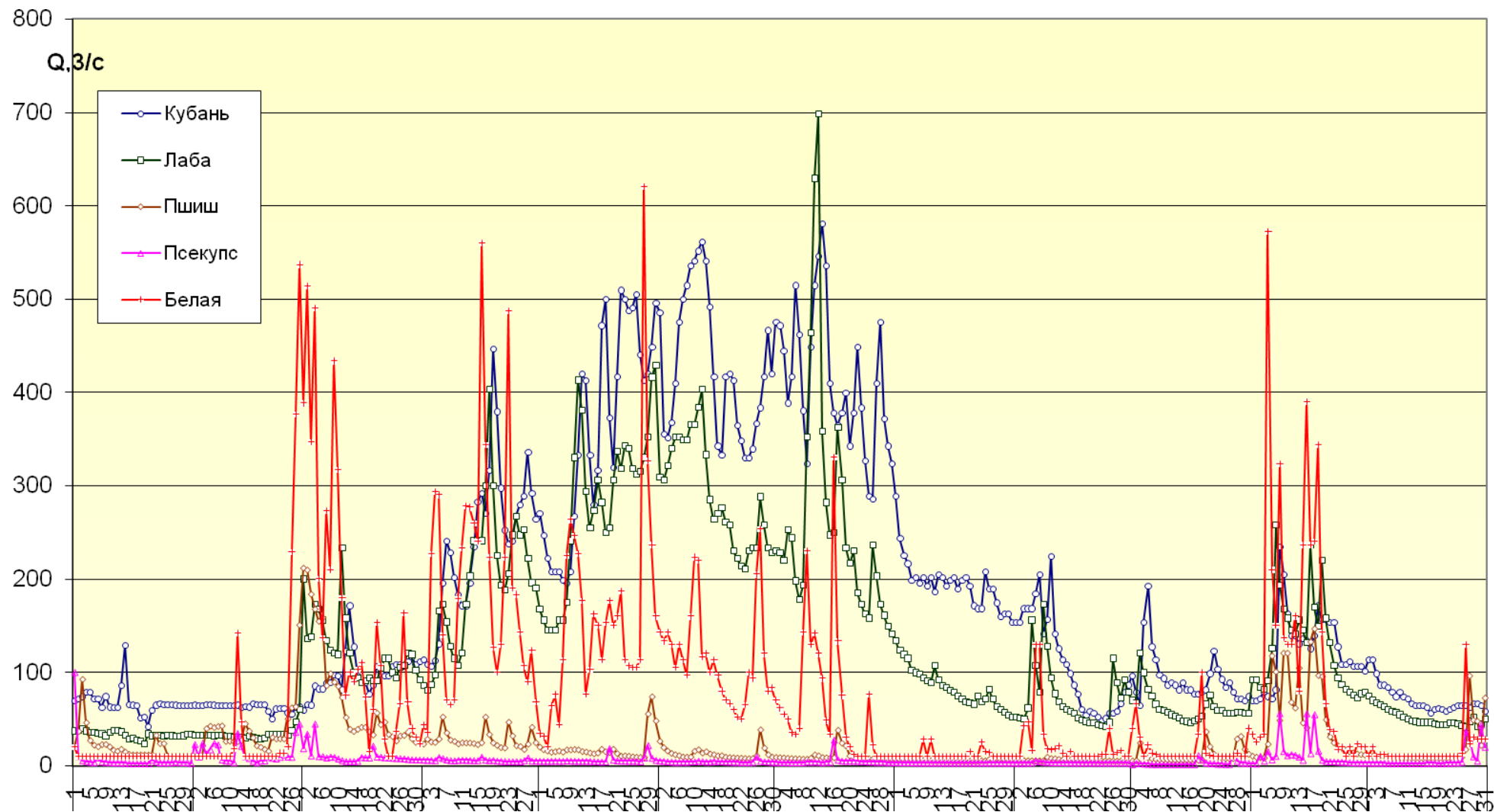


Рисунок 2.3 – Совмещенные гидрографы среднесуточного стока рек, впадающих в Краснодарское водохранилище в 2006 году (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

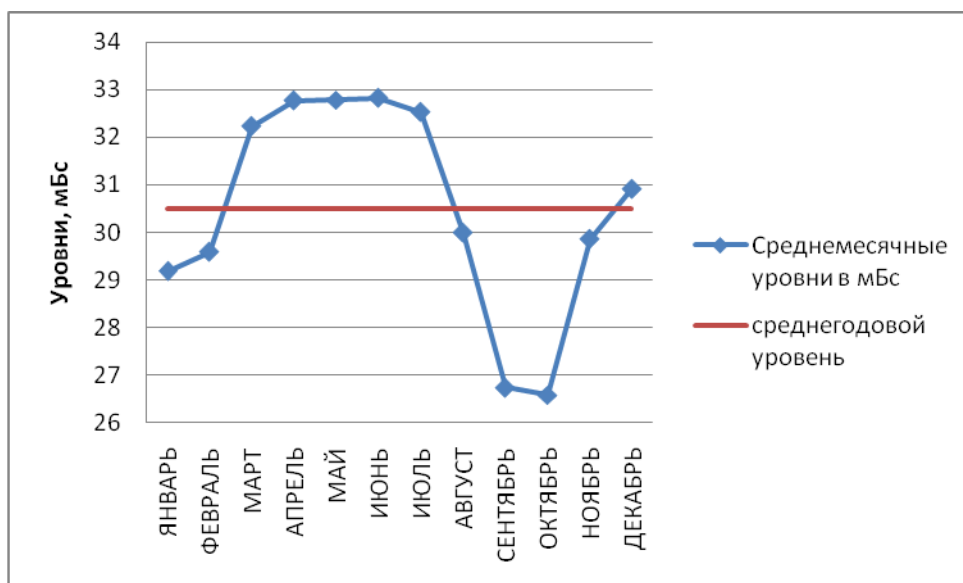


Рисунок 2.4 – Изменение уровня Краснодарского водохранилища, данные за 2006 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

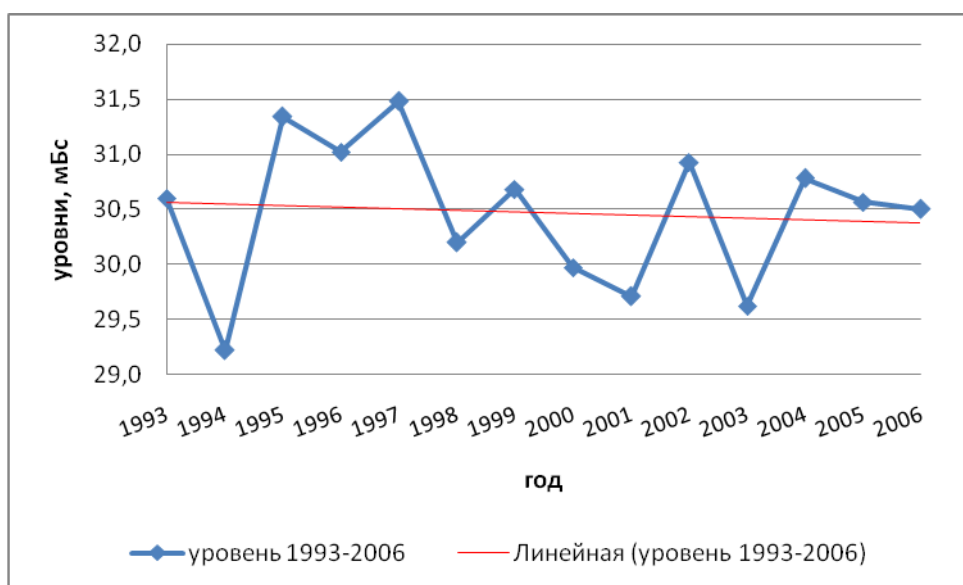


Рисунок 2.5 – Временная изменчивость уровня Краснодарского водохранилища с 1993 по 2006 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

2.4 Заиление

С созданием водохранилищ начинается постепенное их заиление, происходящее как вследствие поступления взвешенных и влекомых наносов по рекам, впадающим в них, так и от продуктов переформирования берегов. На малых водохранилищах заиление происходит преимущественно за счет твердого стока рек, а на крупных и средних – в результате абразии берегов. Береговая абразия происходит преимущественно под действием волн, вызываемых сильными ветрами. Наибольшему разрушению подвергаются высокие открытые берега, на которые воздействуют волны западного и юго-западного направлений. Ветровые волны вызывают интенсивный размыв берегов, поскольку они сложены рыхлыми лессовидными суглинками. Волновой режим водохранилища на открытых пространствах и в заливах различен. В открытой части при сравнительно значительных глубинах и ширине водохранилищ, а также больших скоростях ветра волны высотой до 1,95 м отмечаются на Краснодарском водохранилище [9].

На Краснодарском водохранилище интенсивнее происходит абразия правого крутого берега, составившая за 1975 – 1998 года на верхнем участке – 28 м, среднем – 33 м и нижнем 40 м. Переформирование правого берега происходит по абразионно-обвальному типу с образованием волноприбойных ниш и карнизов. Переформирование левого низкого склона происходит в основном в волноприбойной зоне; в местах, где левый берег крутой и высокий, отступление бровки за последние 5 лет составило 10 м [с 7 по 10].

Заиление Краснодарского водохранилища происходит также в результате твердого стока, приносимого реками. Среднее годовое поступление наносов составляет 5,68 млн м³, из которых 4,86 млн м³ (86,3 %) приходится на речные наносы, 0,68 млн м³ (12,1 %) в год поступает с правого берега и 0,09 млн м³ (1,6 %) с левого. Распределение донных отложений по ложу водохранилища не одинаково для различных его частей, достигая наибольших значений в затопленных руслах рек Кубани, Белой и Лабы, где оно достигает 3,0 м. Толщина отложений вниз по водохранилищу уменьшается и на 1994 год в приплотинной

зоне составила около 1,75 м [6]. В целом в чаше водохранилища накопилось более 93,2 % поступающих наносов.

Мощную дельту сформировала в Краснодарском водохранилище река Белая, в результате чего Краснодарское водохранилище оказалось практически разделенным на два сектора – западный и восточный.

2.5 Анализ современного состояния водного баланса Краснодарского водохранилища на основе многолетних наблюдений

Водный баланс рассчитывался по дифференцированному комплексному уравнению, предложенному М.И. Львовичем (1963):

$$X = S + U + E; \quad (2.1)$$

$$R = U + S; \quad (2.2)$$

$$W = U + E; \quad (2.3)$$

$$W = X - S, \quad (2.4)$$

где X — атмосферные осадки,
S — поверхностный речной сток,
U — подземный сток,
E — испарение,
R — полный речной сток,
W — валовое увлажнение территории.

Система уравнений М.И. Львовича (2.1 – 2.4) позволяет проследить не только закономерность распределения основных элементов водного баланса (X, R, E), но и установить литосферное звено круговорота воды — подземный сток (U) и валовое увлажнение территории (W). Последнее характеризует ресурсы почвенной влаги, зависящие как от естественных условий территории, так и от хозяйственной деятельности человека.

Характеристика водного баланса Краснодарского водохранилища дана по результатам непосредственных наблюдений на водохранилище, выпол-

няющихся с 1976 г. Краснодарским центром по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Росгидромета, данные предоставлены Кубанским Бассейновым Водным Управлением, ФГУ Кубаньмониторингвод.

Краснодарское водохранилище является крупным водным объектом в бассейне р. Кубань, осуществляющим регулирование вод на нижнем участке реки и практически приведшим к минимуму вероятности прохождения катастрофических паводков. Водохранилище в течение года обеспечивает водой существующие и строящиеся рисовые системы, рыбное хозяйство и водный транспорт. Поэтому представляет большой интерес рассмотреть его водный баланс, причем как годовой, так и по месяцам в течение года. Сведения о водном балансе водохранилища приведены в работе за 1976-1980 гг., когда осуществлялись наиболее детальные гидрометеорологические наблюдения в бассейне р. Кубань и на сток оказывалось минимальное влияние изменения климатических условий, достигшее в последующие годы весьма значительных величин. В рамках данного исследования расчет водного баланса Краснодарского водохранилища выполнен за период с 1974 по 2005 год. Анализ результатов расчета дает подробное представление о наблюдавшихся гидрометеорологических условиях в бассейне водохранилища:

- о количестве атмосферных осадков как по бассейну, так и выпадающих на зеркало водохранилища;

- о притоке и сбросе воды из водохранилища;

- о величине испарения с водной поверхности.

Водный баланс определяется приходом и расходом воды за конкретные отрезки времени. Приходная часть состоит из трех частей:

- а) объема поверхностного притока вод по основному руслу Кубани, Лабы, Белой, Пшиша, Псекупса,

- б) ряда небольших левых притоков водохранилища,

- в) атмосферных осадков.

В годовом разрезе за 1974 год за счет поверхностного притока воды из рек поступало в водохранилище 8 196,4 млн м³ (89 %). Объем воды, поступив-

ший в водохранилище за счет атмосферных осадков, был равен 708,8 млн м³, что составило 8 % от общего прихода воды в водохранилище.

Приток воды в 2005 г. по отношению к 1974 г. значительно увеличился, за счет поверхностного притока воды из рек поступило в водохранилище уже 15 526 млн м³. Объем воды, поступившей в водохранилище за счет атмосферных осадков был равен 231,8 млн м³, что составило, соответственно, 92 % и 2 % (рис. 2.6 – 2.7).

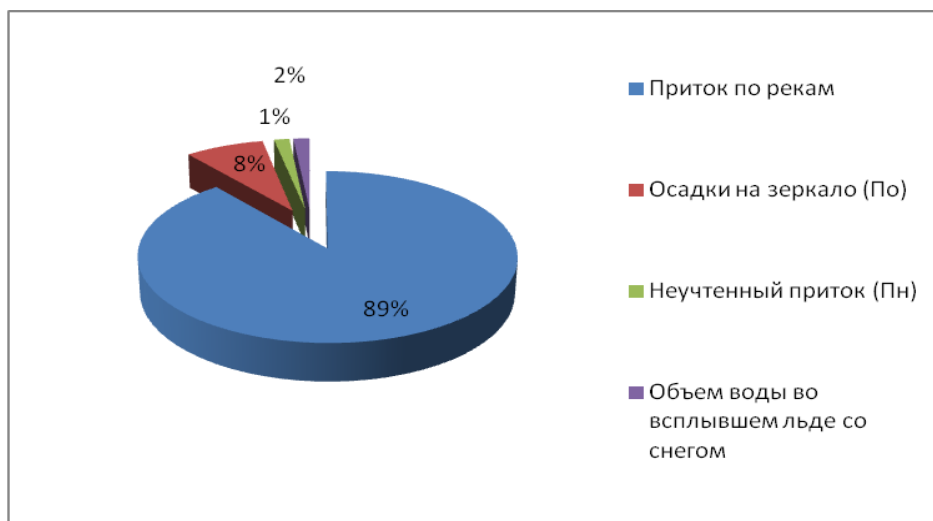


Рисунок 2.6 – Приток воды в Краснодарское водохранилище, 1974 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).



Рисунок 2.7 – Приток воды в Краснодарское водохранилище за 2005 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

Расход воды из водохранилища происходит в результате сброса (стока) через основное водосбросное сооружение, сброс (сток) через водозабор ПК 23+50, расхода воды на шлюзование и на испарение. Общий расход воды в среднем за год (2005 год) был равен 15 519,6 млн м³. Всего за год сброс воды через водосбросное сооружение в среднем составил 15085 млн м³, сброс через водозабор ПК 23+50 — равен 140,8 млн м³, на шлюзование расходовалось 15,8 млн м³ и на испарение тратилось 253,6 млн м³. Как видно из вышеприведенных данных, основная часть расхода воды происходила путем сброса ее через основное водосбросное сооружение и составила 97 % от общего расхода воды. За рассматриваемый период произошло накопление воды в чаше водохранилища, составившее 1459 млн м³ (8,7 %), то есть невязку баланса (рис. 2.8 – 2.9) [11]. Основные причины которой заключаются в следующем: осуществляется неполный учет суммарной приточности в расчетных створах, отсутствуют прямые наблюдения за испарением непосредственно с водной поверхности, допускается систематическая ошибка при определении среднего уровня воды в чаше водохранилища [12].

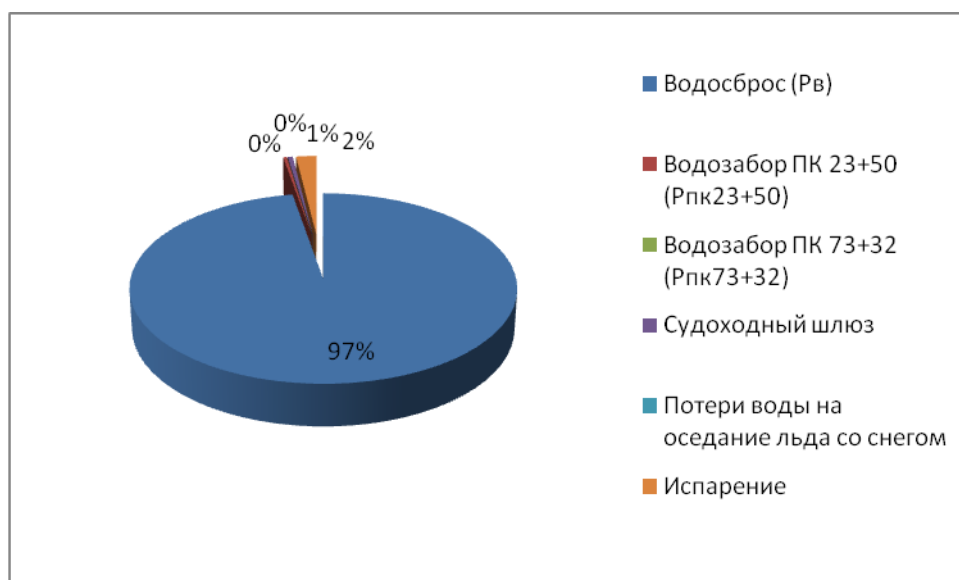


Рисунок 2.8 – Расход воды в Краснодарское водохранилище за 1974 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

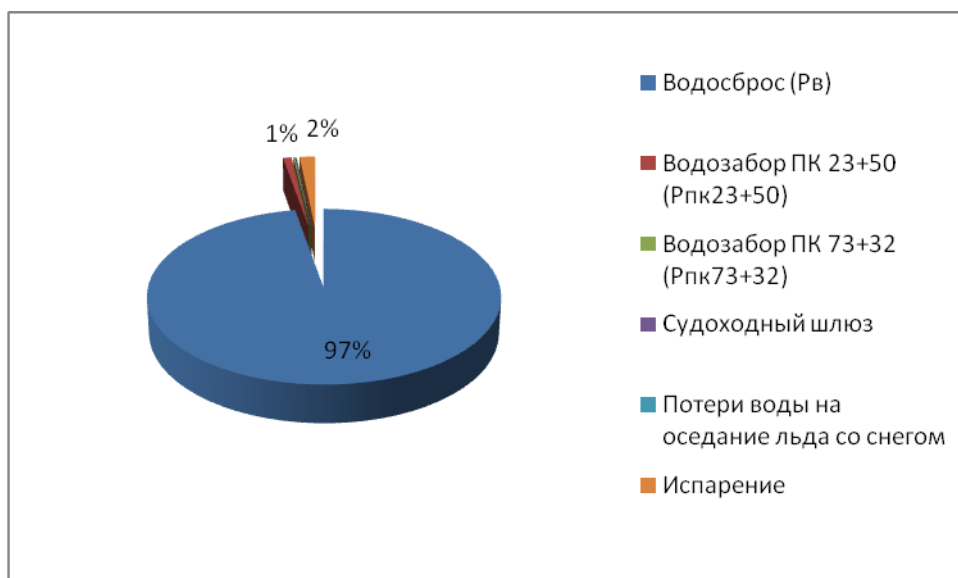


Рисунок 2.9 – Расход воды Краснодарского водохранилища за 2005 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

Учитывая тренд (рис. 2.10) можно сделать вывод о том, что существенно величина притока рек не изменилась: в 1974 г. она составляла 89%, а в 2005 г. – 92%. Что свидетельствует об увеличении стока рек в последние годы. Количество осадков незначительно уменьшилось: с 8% в 1974 г. до 2% в 2005г. Расход, в свою очередь, вообще практически не изменился.

В последние 50 лет сток реки Кубань сокращался из-за интенсивной хозяйственной деятельности в регионе. При этом забор воды осуществлялся как на орошение, обводнение, так и на переброску для водоснабжения других водохранилищ, в частности, Манычской группы.

В данное время потребление воды в регионе вновь возросло, дефицит воды по-прежнему существует и продолжает расти, в связи с чем весьма актуально определение величины речного стока региона в условиях современного хозяйственного использования для целенаправленного планирования использования водных ресурсов в ближайшем будущем.

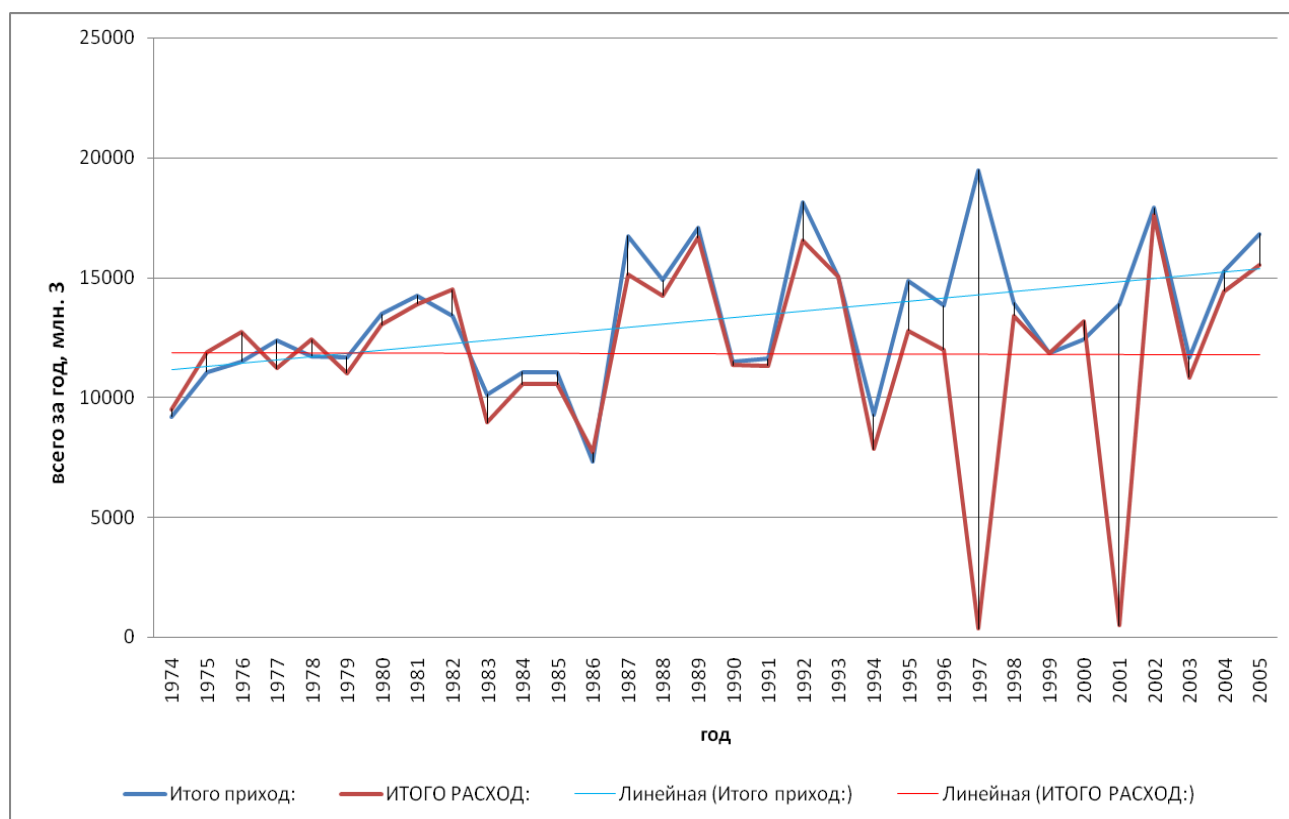


Рисунок 2.10 – Временная изменчивость водного баланса Краснодарского водохранилища с 1974 по 2005 год (построено автором по данным ФГУ «Кубаньмониторингвод»).

Выводы по Главе 2:

Водохранилище занимает пойму реки Кубань. Правый берег высокий, обрывистый с высотой берегового обрыва 2-10 м, а в отдельных местах – до 21 м. Левый берег низкий, пологий. Берега сложены лессовидными суглинками, песками и глинами, покрытыми аллювиальными отложениями. Рельеф дна сформировался в основном до затопления водохранилища, и поэтому наибольшие глубины наблюдаются по затопленному руслу р.Кубань (15 – 22 м) по бывшим старицам, а также по руслам подтопленных рек. Максимальные глубины отмечаются также в приплотинной части водохранилища, где они при отметке 35,0 м достигают 24,5 м. На большей же части водохранилища глубины не превышают 10 м

Температурный режим Краснодарского водохранилища зависит от погодных условий, объема поступающих вод р.Кубани и ее притоков, а также от величины водообмена,

скорости течения и ветрового перемешивания. По средним многолетним данным, наибольшего прогрева – 26,7-28,9 °С (в среднем 24 °С) вода достигает в июле-августе.

Температура воды на Краснодарском водохранилище в прибрежной зоне и на акватории различается незначительно. Как и в прибрежной зоне, на акватории минимальные температуры воды отмечаются в зимние месяцы и составляют в декабре +2,8-3,5 °С, а максимальные в июне, когда они достигают +24,0-24,5 °С. Средние температуры воды поверхностного слоя и в прибрежной зоне в зимние и весенние месяцы различаются на +0,1-1,9 °С, а в летние месяцы они практически одинаковы

Первые ледовые явления на водохранилище в виде заберегов, блинчатого льда, сала и редко шуги отмечаются в среднем в начале декабря. Очищение ото льда происходит на северных водохранилищах бассейна во второй декаде марта. Продолжительность ледовых явлений от 50 до 90 дней. Продолжительность ледостава от 35 до 80 дней.

Среднегодовая амплитуда колебаний уровня воды на водохранилище составляет 717 см. После заполнения водохранилища до полного объема в апреле – июне начинается сработка, поэтому уровень воды летом и в начале осени постепенно снижается. Спад уровня продолжается до октября – ноября, после чего отмечается незначительное его повышение, связанное с резким уменьшением подачи воды на орошение и сокращение испарения.

В последние 50 лет сток реки Кубань сокращался из-за интенсивной хозяйственной деятельности в регионе. При этом забор воды осуществлялся как на орошение, обводнение, так и на переброску для водоснабжения других водохранилищ, в частности, Манычской группы.

В данное время потребление воды в регионе вновь возросло, дефицит воды по-прежнему существует и продолжает расти, в связи с чем весьма актуально определение величины речного стока региона в условиях современного хозяйственного использования для целенаправленного планирования использования водных ресурсов в ближайшем будущем.

Проблема дефицита водных ресурсов на Юге России, где плотность населения, как правило, в несколько раз выше, чем в других регионах страны, наиболее актуальна. Это в полной мере относится к бассейну реки Кубань, который в настоящее время относится к районам с ограниченными водными ресурсами. Объем безвозвратного водопотребления, несмотря на сокращение к середине 90-х годов, остается здесь высоким и в отдельные годы достигает 60 % годового стока [13]. Исходя из оценок, принятых ООН, эта ситуация соответствует серьезной нехватке воды, когда она превращается в фактор, ограничивающий экономическое развитие [14].

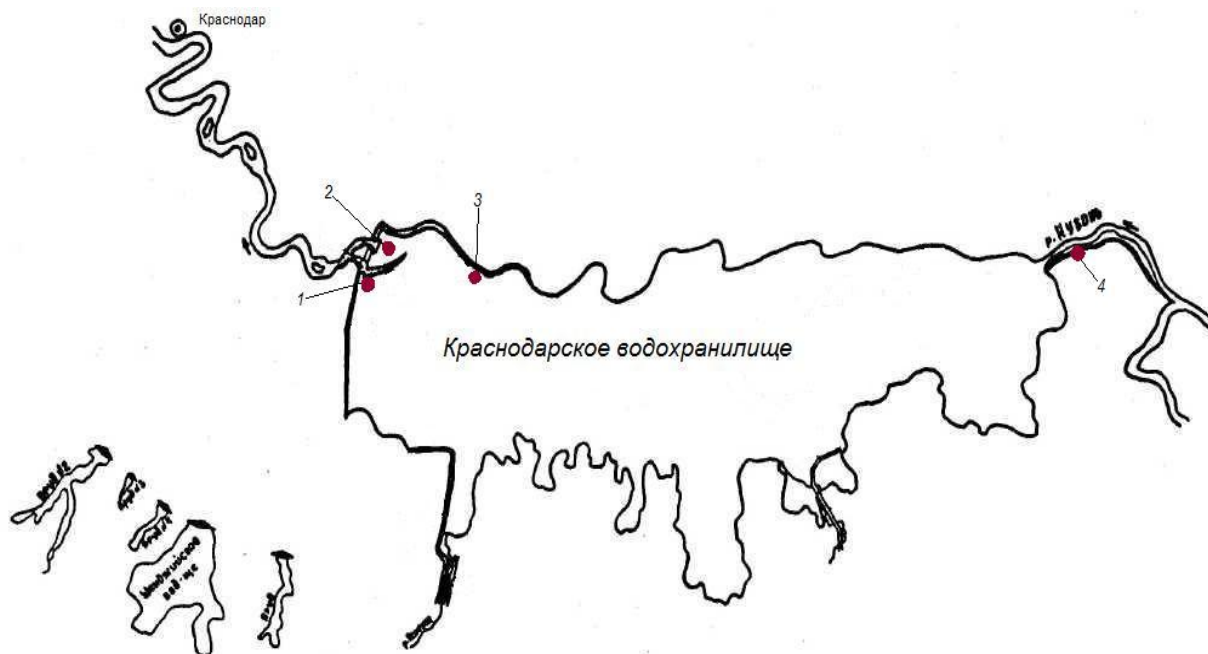
Бассейн Краснодарского водохранилища имеет важное народно-хозяйственное значение как промышленный регион Юга России и как акватория, где сосредоточены естественные нерестилища ценных промысловых видов рыб (осетровых, рыба, шемаи, судака, тарани) и осетровые заводы. В дельте Кубани находится крупнейший в России рисовый массив, который занимает важное место в экономике Краснодарского края. Гидрохимический режим, характер внутриводоемных процессов и антропогенное загрязнение водных объектов бассейна, влияя на водные экосистемы бассейна Кубани, становятся важным фактором, от которого зависит эколого-экономическое состояние крупного региона России.

Поэтому в данной главе произведено исследование современного состояния качества воды и загрязненности бассейна Краснодарского водохранилища на основе анализа концентраций характерных загрязняющих веществ и рассмотреть тенденции временных изменений уровня загрязненности.

Проведен анализ данных по гидрохимическому режиму и загрязненности воды, полученных из базы данных Гидрохимического института (АЗНИИРХ) за многолетний период (с 1996 по 2005 год).

Использованы данные по четырем пунктам наблюдений на реке Кубань (рисунок 3.1):

- ✓ мол Аванпорта;
- ✓ сброс с водохранилища, нижний бьеф;
- ✓ хутор имени Ленина;
- ✓ город Усть-Лабинск, верхний бьеф.



Примечание: 1 – мол Аванпорта, 2 – сброс с водохранилища, нижний бьеф, 3 – хутор имени Ленина, 4 – город Усть-Лабинск, верхний бьеф.

Рисунок 3.1 – Карта-схема Краснодарского водохранилища с нанесенными пунктами наблюдений.

Анализ проведен в трех аспектах:

- ✓ загрязненность отдельными группами загрязняющих веществ (ЗВ);
- ✓ пространственное распределение ЗВ;
- ✓ тенденции изменений загрязненности во времени.

Оценка современного качества воды водных объектов сделана согласно принятым в системе мониторинга Росгидромета классификациям уровня загрязнения.

При анализе данных выделялись «характерные» для водных объектов ЗВ, которые постоянно присутствуют в воде, и «критические показатели» — показатели концентраций ЗВ, обуславливающие изменение класса качества воды.

3.1 Условия формирования вод и водного режима

Химический состав воды в бассейне Краснодарского водохранилища аналогичен составу вод реки Кубань, который формируется под влиянием многих факторов: атмосферных осадков, таяния ледников, снежников, питания грунтовыми водами, геологического строения русловых пород и типа почв на водосборах. Он различен на разных участках р.Кубань, так как отдельные части бассейна реки расположены в разных физико-географических условиях и отличаются как по высоте (от снежных вершин гор до равнинной степной зоны), так и по составу горных пород, слагающих эти части бассейна.

Воды Краснодарского водохранилища относятся к гидрокарбонатному классу. Минерализация воды достигает максимального значения весной – до 500 мг/л, минимального – летом 220 – 300 мг/л [15].

Концентрация водородных ионов (рН) колеблется от 7,0 до 8,0, что характеризует воду как нейтральную и слабощелочную.

Согласно данным, предоставленным ФГУ «Кубаньмониторингвод», можно сделать вывод о том, что загрязнение вод водохранилища значительное. Основными загрязняющими веществами природных вод бассейна реки Кубань являются:

- медьсодержащие – до 0,4 – 7 ПДК;
- фенолы летучие – до 0,4 – 2 ПДК;
- органические вещества (по БПК₃) – до 0,32 – 2,0 ПДК;
- железо общее – до 0,6 – 2,6 ПДК;
- нефтепродукты – до 0,7 – 4 ПДК.

Формирование кислородного режима водохранилища происходит под влиянием целого комплекса факторов как положительных, так и отрицательных (ветрово-волновое перемешивание, проточность, цветение, загрязнение воды и др.).

Содержание растворенного в воде кислорода подвержено как сезонным, так и локальным изменениям. Так, максимальное насыщение кислородом вес-

ной отмечено в предустьевых участках притоков (Псекупс – 110 %, Пшиш – 100, Белая – 125 %).

В летний период содержание растворенного кислорода в этих районах снижается до 86-96 %. В центральной зоне водохранилища оно колеблется от 81 до 96 % насыщения. В осенний период содержание кислорода в зоне действия кубанского стокового течения увеличивается и достигает максимальных значений (121 % насыщения).

В зимний период содержание кислорода остается высоким, все время ледового покрытия уменьшается до 55-62 %. Минимальное содержание кислорода в воде наблюдается в придонных слоях в центральной и приплотинной зонах водохранилища. В летнее время оно опускается до 45-48 % насыщения.

Распределение свободной углекислоты в рассматриваемые сезоны по акватории водохранилища обратно пропорционально пространственному распределению кислорода. Так, в апреле максимальное количество углекислоты (13 мг/л) отмечено в северной и восточной частях водохранилища. Минимальное количество углекислоты (5 мг) наблюдалось в устьевых участках рек Белой, Псекупс, Пшиш, то есть в районах наиболее обогащенных кислородом. В жаркие летние месяцы содержание углекислоты возрастает на мелководных участках до 16-18 мг/л.

Активная реакция воды зависит от соотношения свободной углекислоты и бикарбонатов. За период наблюдений она колебалась от 7,8 до 8,08. Больших изменений pH в течение сезона не происходит.

Косвенным показателем наличия органических веществ в водоеме является окисляемость, которая составляет в среднем 7-12 мгО/л. Существенных различий в значениях окисляемости, как по глубине, так и по акватории водохранилища не наблюдается. Общий фон окисляемости в весенний, летний и осенний периоды примерно одинаков.

Содержание минерального фосфора колеблется в водохранилище в пределах 0,007-0,085 мг/л, нитратов и нитритов – от 0,015 до 0,68 мг/л.

Наибольшие концентрации биогенных веществ обычно отмечаются в придонных слоях. Максимальное их содержание приурочено к зимнему периоду, минимальное – к летнему.

На развитие органической жизни в водохранилище кроме температурного режима благоприятное влияние оказывает и минерализация воды, которая колеблется от 278,5 до 393,2 мг/л.

Химический состав воды водохранилища меняется по годам, сезонам и по зонам незначительно. Содержание химических ингредиентов по его акватории вследствие часто происходящих летом ветровых волнений изменяется в узких границах. Среди компонентов ионно-солевого состава за все годы существования водохранилища преобладают ионы HCO_3^- и SO_4^{2-} (на их долю приходится 68 %).

Содержание кислорода в водохранилище подвержено значительным сезонным и локальным изменениям в связи с сильным перемешиванием и интенсивно протекающим фотосинтезом. Однако, содержание кислорода находится на высоком уровне в течение всего года. Только в период ледового покрытия содержание растворенного в воде кислорода снижается до 36-62 % насыщения.

Максимальное содержание углекислого газа (CO_2) не превышает 5 – 18 мг/л.

Перманганатная окисляемость воды как показателя органического вещества колеблется от 3,2 до 20,6 мг/л. В целом окисляемость во все годы наблюдений выше в нижних участках водохранилища.

Активная реакция воды (рН) выражается величинами 7,8 - 8,5. Больших изменений рН в течение сезона не происходит (от 8,1 до 8,3).

Содержание фосфора летом выше, чем весной и осенью, азота, наоборот.

Такой характер изменений содержания биогенных элементов, а так же наблюдения за развитием фитопланктона показывают, что фосфор не лимитирует развитие фитопланктона.

Общая минерализация водохранилища зависит от притока вод, но среднегодовые показатели практически не меняются. Наибольшая мутность в районе Краснодарского водохранилища отмечена в районе Кубанского стокового тече-

ния, где она составляет 100 – 300 г/м³. В центральном и при плотинном районах мутность снижается до 5 – 14 г/м³.

Температура воды в водохранилище в теплое время года значительно выше, чем в реках. Максимальная температура отмечена в июле +28,6 °С, минимальная в январе 0 °С.

3.1.1 Донные отложения.

Морфометрические особенности Краснодарского водохранилища в сочетании с характером затопленных почв и растительности, а также с источниками грунтообразующего материала. Большое влияние на грунтообразование оказывают левобережные горные реки (Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс), которые выносят в водохранилище большое количество глины и песка. Весной и летом в период интенсивного таяния снега и льда в горах вода этих рек (в устье) содержит до 1200 г/м³ минеральных частиц. Крупные фракции остаются в устье этих рек, а более мелкие распределяются по акватории водохранилища. Исследования донных отложений в Краснодарском водохранилище позволили установить, что грунты представлены песками различных фракций, заиленными песками, серыми, темно-серыми, бурыми и коричневыми илами [16].

Заиление Краснодарского водохранилища идет сравнительно интенсивно. За 20 лет слой иловых отложений достиг в среднем 47 см с колебаниями от 10 см (в чаше) до 80 см (в устьях рек).

3.2 Анализ современного гидрохимического состояния акватории на основе многолетних данных

Анализ данных мониторинга поверхностных вод на территории Краснодарского края в 2015 году показал, что, как и в предыдущие годы, качество поверхностных вод суши не отвечало нормативным требованиям. Уровень загрязнения большинства водных объектов оставался достаточно высоким.

Гидрохимический состав природных водных объектов края формируется как под влиянием естественных гидрохимических факторов, так и в большей степени под влиянием сброса загрязненных и недостаточно очищенных сточных вод промышленных предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, поверхностного стока с площадей водосбора, поступления загрязненных пестицидами сбросных вод с оросительных систем. Нефтепродукты, являясь наиболее распространенными загрязняющими веществами в водных объектах, поступают в них, кроме сточных вод, с поверхностным стоком с урбанизированных территорий, загрязненных водосборов в районах разведки и добычи нефти и газа, с территории транспортных магистралей [17].

Одними из основных причин, способствующих загрязнению рек и водоемов, являются: массовая застройка водоохранных зон водных объектов и, прежде всего, их защитных полос; а также размещение несанкционированных свалок.

Негативное влияние на состояние поверхностных вод оказывают аварийные сбросы загрязняющих веществ и разливы нефти и нефтепродуктов, допускаемые чаще всего на промышленных объектах, осуществляющих добычу, транспортировку и переработку нефти и нефтепродуктов, и на предприятиях жилищно-коммунального хозяйства. Значительный вклад в загрязнение водных объектов взвешенными веществами и в повышении минерализации воды вносят стихийные природные явления: паводки, оползни, экзогенные процессы, связанные с поднятием уровня грунтовых и подземных вод.

Наибольшее влияние на гидрохимическое и гидробиологическое состояние р. Кубань в её среднем течении оказывает Краснодарское водохранилище, выполняющее роль гигантского естественного очистного сооружения, в котором проходят процессы отстаивания, минерализации органических веществ, нитрификации. Это подтверждается данными мониторинга, показывающими улучшение качества воды в нижнем бьефе водохранилища (по взвешенным веществам, БПК, биогенным элементам).

В перечень наиболее опасных веществ, загрязняющих акваторию Краснодарского водохранилища, входят нефтепродукты (нефтяные углеводороды), цинк, фенолы, медь, сульфаты, железо.

- Нефтяные углеводороды

В 1996 году наблюдается незначительное превышение ПДК на всех станциях, кроме хутора им. Ленина. В 1997 году превышение ПДК наблюдается только в районе сброса с Краснодарского водохранилища. Далее до 2002 года на всех станциях концентрации нефтепродуктов превышают значения ПДК. В 2003 году значения ПДК превышены лишь на станции мол Аванпорта (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Средняя концентрация нефтяных углеводородов с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

- Цинк

Превышения значений ПДК наблюдаются в 1996 году на станции мол Аванпорта и в районе г. Усть-Лабинск, в 1999 году в пункте мол Аванпорта. В 2002 году концентрация цинка превышает значения ПДК в районе города Усть-Лабинск, в 2003 году в пункте наблюдений хутор имени Ленина. (рис. 3.3).

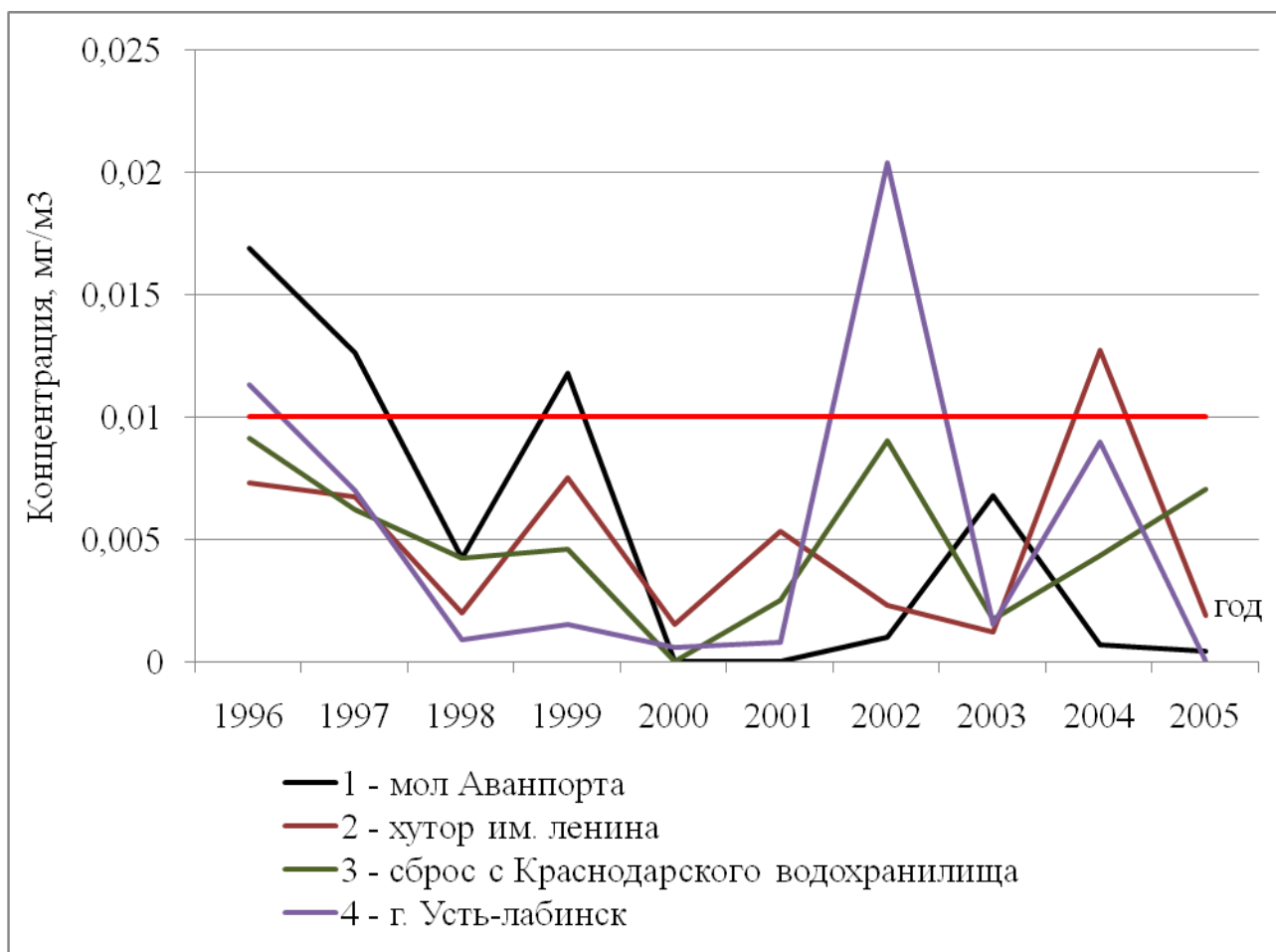


Рисунок 3.3 – Средняя концентрация цинка с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

- Медь

Концентрация меди превышает значение ПДК во всех пунктах наблюдений с 1996 по 2006 год. (рис. 3.4).

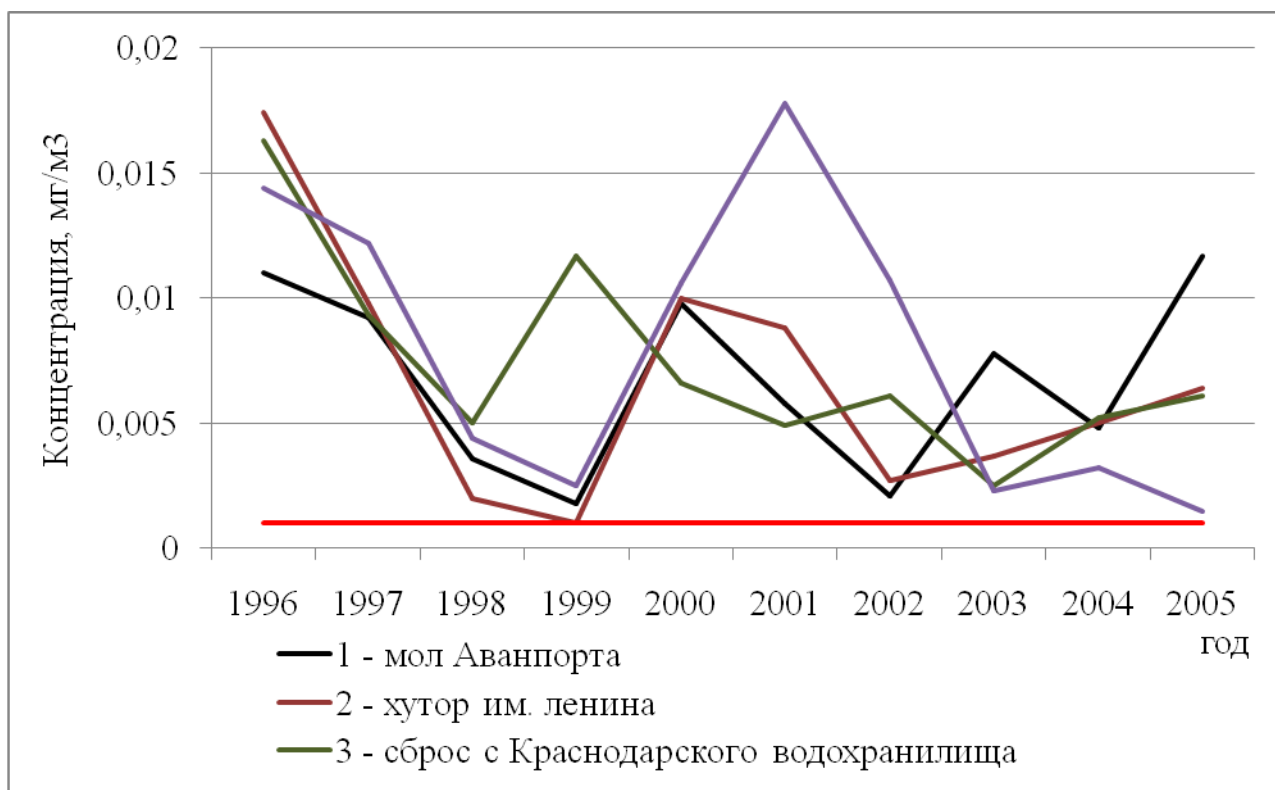


Рисунок 3.4 – Средняя концентрация меди с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

- Фенолы

Концентрация фенолов превышает значение ПДК в 1996 году в пунктах мол Аванпорт и сброс с Краснодарского водохранилища, в 1997 году во всех пунктах наблюдений кроме х. им. Ленина, в 1998 году превышение наблюдается в пунктах г. Усть-Лабинск и х. им. Ленина, в 1999 году превышения ПДК не наблюдается ни в одном пункте наблюдений. В 2000 году превышение ПДК только в пункте г. Усть-Лабинск, в 2001 году превышение ПДК наблюдается во всех пунктах наблюдений, в 2002 году превышение в пунктах сброс с водохранилища, хутор имени Ленина, в 2003 году превышение ПДК не наблюдается, в 2004 году превышение в пункте хутор имени Ленина, в 2005 году – в пункте мол Аванпорта.

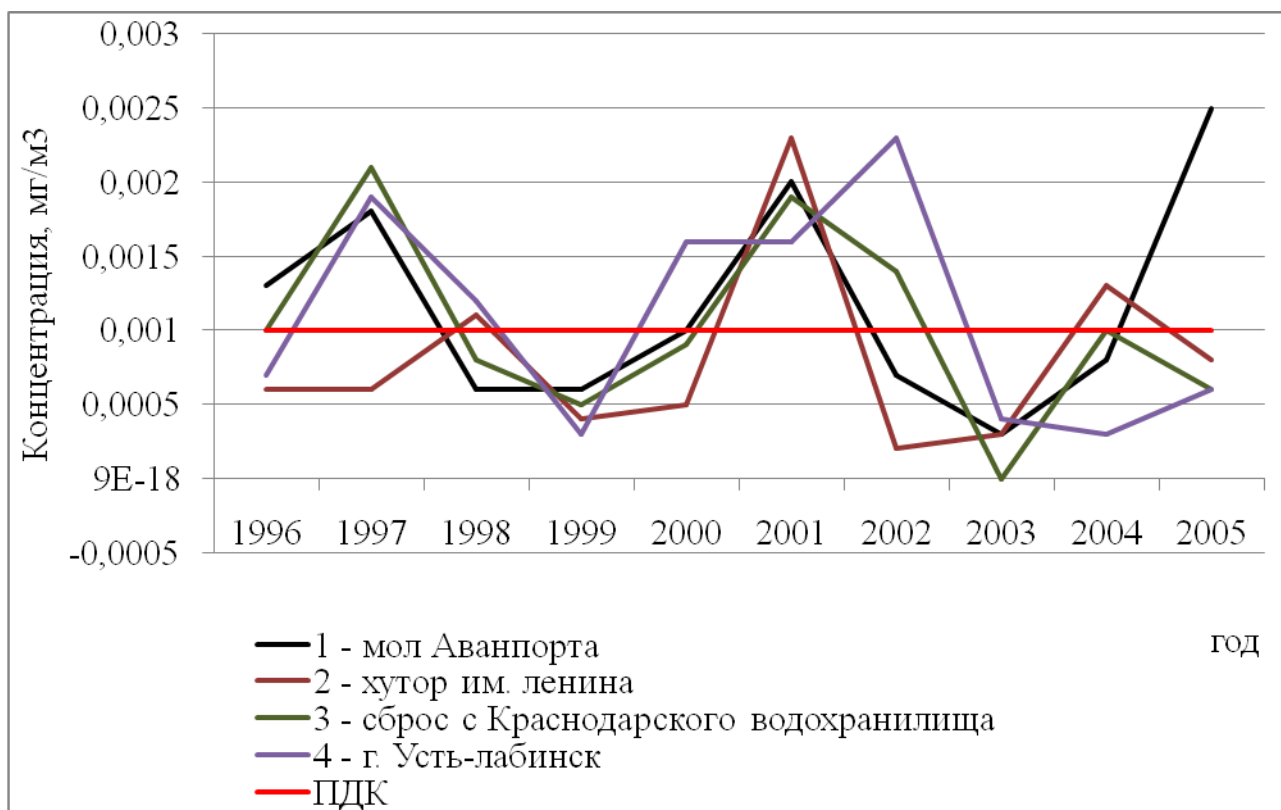


Рисунок 3.5 – Средняя концентрация фенолов с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

- Сульфаты

В створе наблюдений г. Усть-Лабинск превышение ПДК наблюдается во все года, причем, как видно из рисунка 3.2.5, концентрация сульфатов в этом пункте наблюдений значительно выше, чем во всех остальных. Превышение ПДК во всех остальных створах наблюдений наблюдается в 1998, 2001 и 2004 годах.

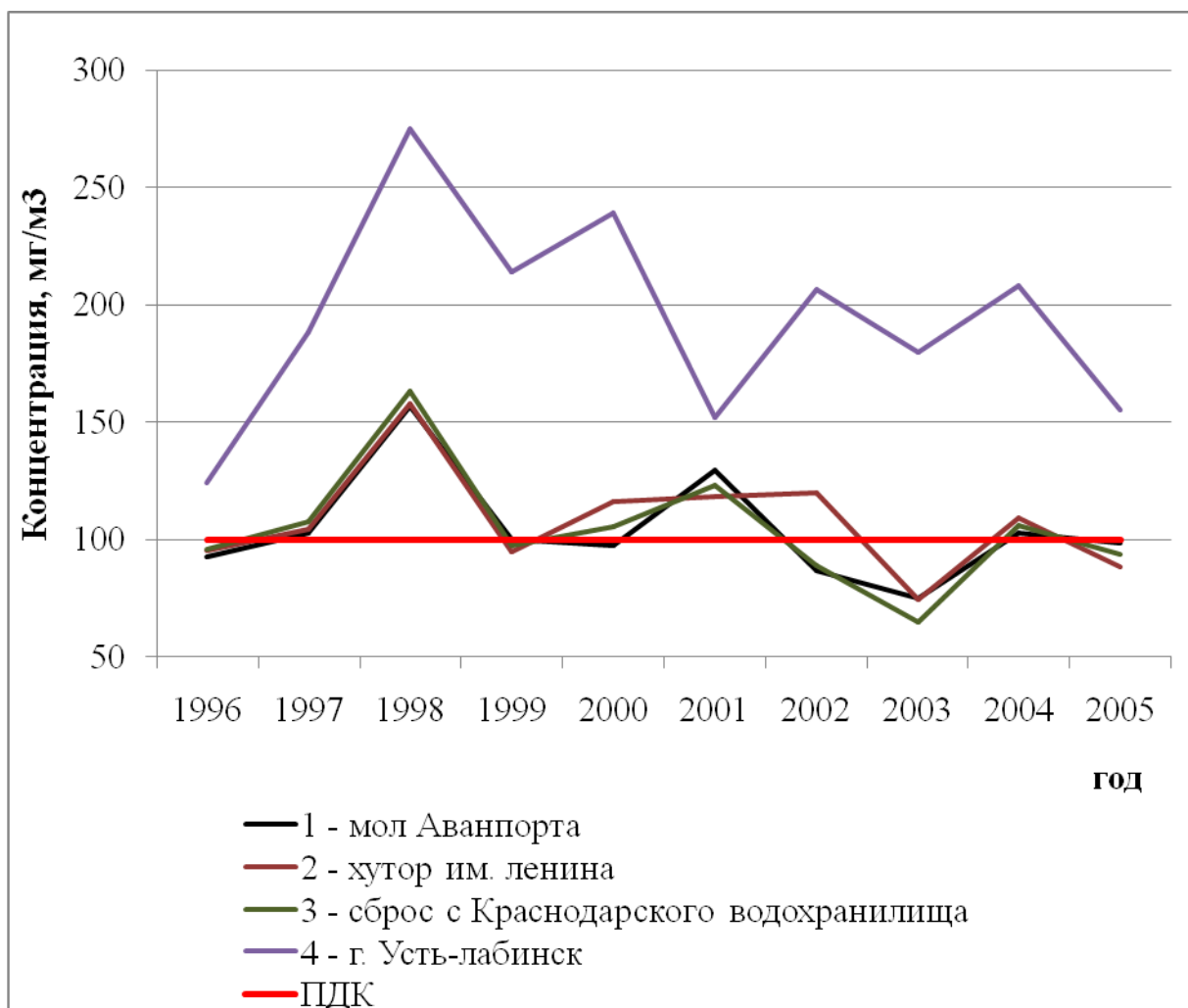


Рисунок 3.6 – Средняя концентрация сульфатов с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

- Железо

Концентрация железа с 1996 по 1998 год превышает значение ПДК во всех пунктах наблюдений, причем в районе г. Усть-Лабинск концентрация значительно выше.

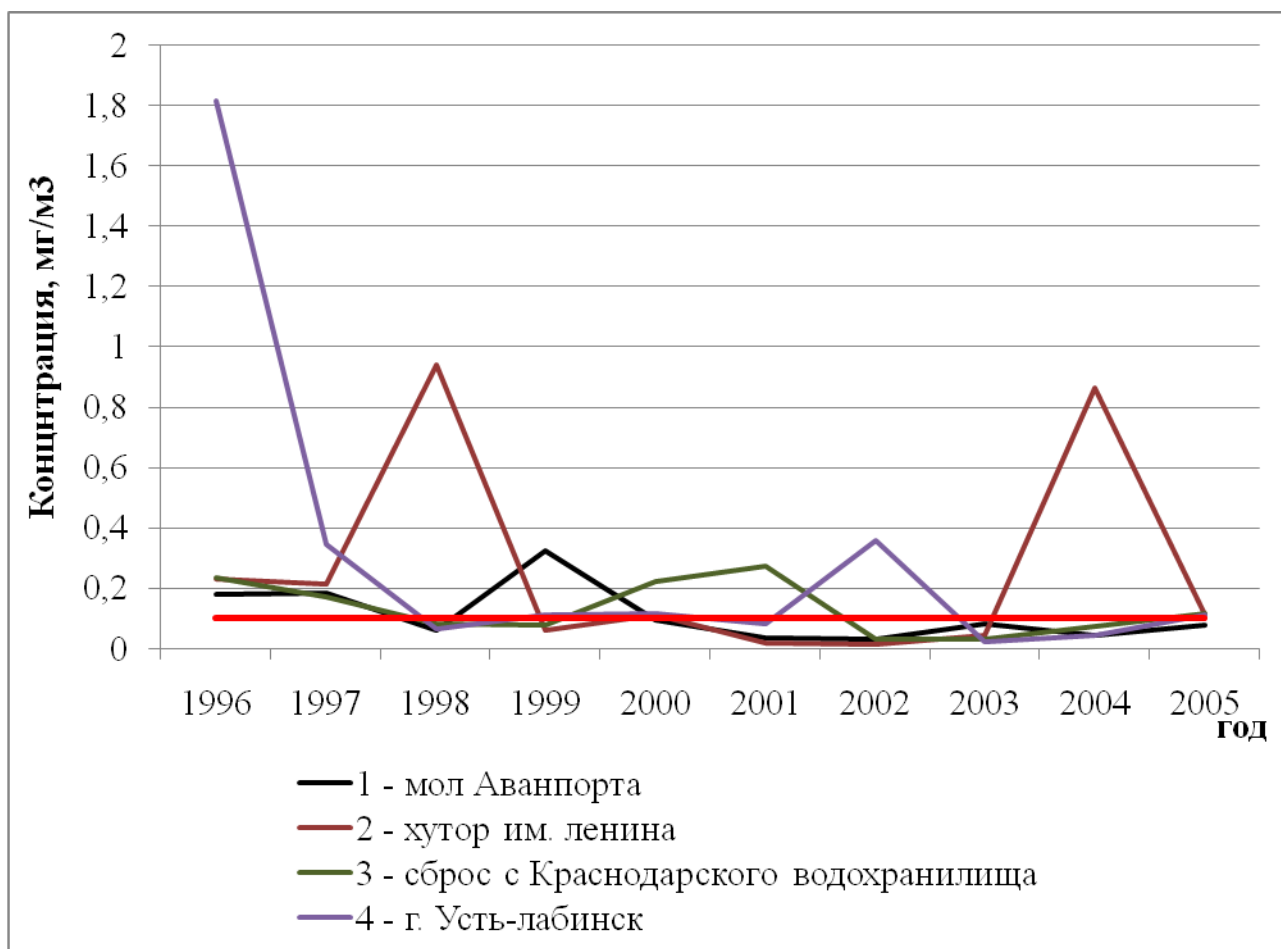


Рисунок 3.7 – Средняя концентрация железа с 1996 по 2005 год (построено автором по данным, полученным из базы данных Гидрохимического института АЗНИИРХ).

Можно заметить, что происходит улучшение качества воды в нижнем бьефе по сравнению с верхним бьефом (пункт наблюдений г. Усть-Лабинск). Здесь наблюдаются практически все максимумы ЗВ. Таким образом, можно сделать вывод, что Краснодарское водохранилище является, как бы гигантским фильтром.

Однако, образующиеся в результате наносов участки мелководья в самом водохранилище, при повышении температуры воды способствуют развитию зон «цветения», что периодически вызывает в Краснодарском водохранилище гибель рыбы.

Выводы по Главе 3:

Согласно данным, предоставленным ФГУ «Кубаньмониторингвод», можно сделать вывод о том, что загрязнение вод водохранилища значительное. Основными загрязняющими веществами природных вод бассейна реки Кубань являются:

- медьсодержащие – до 0,4 – 7 ПДК;
- фенолы летучие – до 0,4 – 2 ПДК;
- органические вещества (по БПК₃) – до 0,32 – 2,0 ПДК;
- железо общее – до 0,6 – 2,6 ПДК;
- нефтепродукты – до 0,7 – 4 ПДК.

Анализ данных мониторинга поверхностных вод на территории Краснодарского края в 2015 году показал, что, как и в предыдущие годы, качество поверхностных вод суши не отвечало нормативным требованиям. Уровень загрязнения большинства водных объектов оставался достаточно высоким.

Наибольшее влияние на гидрохимическое и гидробиологическое состояние р. Кубань в её среднем течении оказывает Краснодарское водохранилище, выполняющее роль гигантского естественного очистного сооружения, в котором проходят процессы отстаивания, минерализации органических веществ, нитрификации. Это подтверждается данными мониторинга, показывающими улучшение качества воды в нижнем бьефе водохранилища (по взвешенным веществам, БПК, биогенным элементам).

В перечень наиболее опасных веществ, загрязняющих акваторию Краснодарского водохранилища, входят нефтепродукты (нефтяные углеводороды), цинк, фенолы, медь, сульфаты, железо.

Можно заметить, что происходит улучшение качества воды в нижнем бьефе по сравнению с верхним бьефом (пункт наблюдений г. Усть-Лабинск). Здесь наблюдаются практически все максимумы ЗВ. Таким образом, можно сделать вывод, что Краснодарское водохранилище является, как бы гигантским фильтром.

Однако, образующиеся в результате наносов участки мелководья в самом водохранилище, при повышении температуры воды способствуют развитию

зон «цветения», что периодически вызывает в Краснодарском водохранилище гибель рыбы.

4. Гидробиологическая характеристика

4.1 Фитопланктон

Фитопланктон Краснодарского водохранилища представлен 205 таксонами водорослей, относящимися к 9 группам: протококковые, диатомовые, вольвоксовые, синезеленые, эвгленовые, пирифитовые, желто-зеленые, десмидиевые, золотистые [18].

Наибольшее количество видов включают протококковые (75 видов) и синезеленые (41 вид) водоросли. Разнообразно представлены диатомовые (32 вида) и эвгленовые (26 видов), остальные группы водорослей включают от 2 до 10 видов.

Максимальное количество видов водорослей отмечено в прибрежных мелководных, хорошо прогреваемых участках водохранилища. В более глубоких участках, в бывших руслах рек, видовой состав водорослей значительно беднее.

Для микрофлоры водохранилища свойственна сезонная динамика, прослеживается зависимость накопления численности от температуры воды. Коэффициент корреляции – 0.701. Зимой численность водорослей незначительная и составляет 5,01 % от годового количества фитопланктона. Биомасса в среднем за весенний период составляет 3,64 г/м³ с колебаниями от 2,31 до 5,61 г/м³. В последующие месяцы идет нарастание массы водорослей, достигая в среднем за вегетационный период 15,11 г/м³. В летние месяцы биомасса фитопланктона достигает в среднем 23,84 г/м³ с колебаниями от 8,11 до 46,11 г/м³.

Зимой в фитопланктоне водохранилища по численности биомассе преобладают синезеленые и диатомовые водоросли. Массового развития в это время достигают представитель рода *Anabaena*, *Cyclotella*, *Melosira*, *Navicula*. Протококковые, эвгленовые, вольвоксовые и другие группы микрофлор в зимнем планктоне представлены очень бедно.

Весной с повышением температуры воды до 8-12 °С интенсивность развития фитопланктона повышается. В это время биомасса фитопланктона увеличивается за счет диатомовых, синезеленых и протококковых водорослей [19].

Летом численность и биомасса фитопланктона резко возрастает. В его составе в это время встречаются представители всех 9 групп водорослей. Преобладают как по численности, так и по биомассе протококковые, синезеленые и эвгленовые водоросли. В июле-августе численность в среднем составляет 25,23-38,53 млн. кл/л и 17,31-46,11 г/м³.

Горизонтальное распределение фитопланктона в водохранилище неравномерно, наиболее продуктивный по микрофлоре – мелководный участок – левобережная зона между устьями рек Псекупс и Пшиш. Среднегодовой показатель биомассы фитопланктона на данном участке в 3-4 раза превышает таковой остальных участков.

Вертикальное распределение микроводорослей имеет свои закономерности. С увеличением глубины уменьшается биомасса и численность фитопланктона, видовой состав становится беднее. Так, биомасса фитопланктона уменьшается в среднем на глубине 2 м на 50 %, на глубине 5 м – на 67 % по сравнению с биомассой микрофлоры верхнего уровня (0,5 м).

Наибольшего развития за все годы исследований достигают диатомовые – 25,32 %, протококковые – 18,61, эвгленовые – 16,41, синезеленые – 15,39, вольвоксовые – 13,79 и пиррофитовые – 8,74 %. Остальные группы водорослей составляют 1,55-0,18 % общей биомассы.

Краснодарское водохранилище по уровню развития фитопланктона может быть отнесено к категории эвтрофных [20].

4.2 Зоопланктон

Зоопланктон Краснодарского водохранилища представлен тремя типичными планктонными группами организмов; веслоногими и ветвистоусыми рачками, а также коловратками. Видовой состав зоопланктона включает 46 видов: отряд Copepoda, 16 видов – отряд Cladocera и 15 видов – отряд Rotatoria.

Кроме типично планктонных форм в зоопланктоне в значительном количестве обнаружены личинки клопов-корикса, хирономид, жуков, полихет, олигохет, остракод и нематод, которые не першли еще на донный образ жизни. Наибольшего развития они достигли в первые два года наполнения водохранилища.

Наблюдения за сезонной динамикой зоопланктона в период с марта по октябрь показали, что он характеризуется резко выраженной периодичностью. Так, весной в водохранилище в количественном отношении в зоопланктоне преобладали веслоногие ракообразные.

В летний период с повышением температуры воды в развитии зоопланктона наступают существенные изменения в количественном и качественном отношении: веслоногие ракообразные значительно уступают ветвистоусым ракообразным. Биомасса летнего планктона по сравнению с весенним увеличивается более чем в 6 раз в связи с преобладанием крупных форм семейства *Daphniidae*, *Bosminidae*, *Chydoridae*, *Leptodoridae*.

Большое значение в формировании зоопланктона Краснодарского водохранилища играет летодора, которая была акклиматизирована в 1977-1979 годах [21].

Вертикальное распределение зоопланктона имеет свои закономерности. с увеличением глубины видовой состав становится беднее. На глубине 0,5 м отмечено 37 видов, на глубине 2 м и 5 м – соответственно 14 и 15 видов. Из 15 видов, отмеченных на глубине 5 м, 3 составляют личинки хирономид, клопов-корикса и других жуков, которые не перешли еще на донный образ жизни.

Краснодарское водохранилище по развитию зоопланктона можно характеризовать как эвтрофный водоем со средней биомассой 4,22 г/м³.

4.3 Формирование ихтиофауны

Любое искусственно созданное водохранилище является водоемом нового типа, отличающимся от реки своим гидрохимическим, гидрологическим и биологическим режимами, разнообразной фауной и флорой. В связи с этим различные виды кормовых беспозвоночных и рыб по-разному реагируют на эти изменения, в новом водоеме формируются комплексы организмов, приспособленных к жизни в условиях стоячих или медленно текущих вод. Как отмечает Г.В.Никольский (1953), только что залитое водохранилище характеризуется уходом реофильных рыб в реки, впадающие в водохранилище, и улучшением кормовых условий для зообентофагов.

Известно, что в первые годы наполнения водохранилища создаются благоприятные условия для размножения фитофильных рыб в связи с залитием новых пространств, богатых растительностью; отмечается наибольший темп роста рыб [22].

В первые годы существования Краснодарского водохранилища наблюдался уход реофильных видов рыб (усач, подуст, жерех и др.) в связи со значительным ослаблением течения и концентрацией лимнофильных видов (сазан, осетровые, рыбец, шемая) в районе водохранилища была и остается незначительной.

В состав ихтиофауны Краснодарского водохранилища вошли рыбы, обитавшие ранее в Тщикском водохранилище, рыбы среднего течения, а так же нижнего течения р. Кубани и ее левобережных притоков: рек: Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс и др.

Бассейн р. Кубани относится к числу районов с разнообразной фауной рыб. В среднем и нижнем течении р. Кубани обнаружено 33 вида рыб. В середине 60-х годов видовой состав пополнился за счет акклиматизации рыб дальневосточного комплекса в р. Кубани, Тщикском и Шапсугском водохранилищах, Ахтарских лиманах.

В первые годы существования водохранилища было отмечено 34 вида рыб [23], в последующем видовой состав пополнился за счет интродуцированных видов и общее число составило 47 видов [24]. В настоящее время насчитывается 36 постоянно встречающихся видов и 35, встречающихся единично. К

единично встречающимся относятся проходные (севрюга, осетр, белуга, шемая, рыбец) и канальный сомик, попавший в водоем случайно.

Наиболее разнообразно представлено семейство карповых – 25 видов. Полупроходные рыбы (осетровые, рыбец, шемая) и акклиматизанты (растительноядные, чукучановые, самообразные, веслоносые) – 16 видов.

К наиболее широко распространенным и массовым рыбам, обитающим в водохранилище, относятся: из ценных промысловых видов – сазан (кап), лещ, толстолобики; из малоценных – густера, плотва, чехонь.

Таким образом, видовой состав рыб Краснодарского водохранилища на современном этапе формирования весьма разнообразен и включает представителей шести фаунистических комплексов:

- бореальный равнинный (щука, карась, окунь, плотва, линь, пескарь, ерш, щиповка и др.);
- третичный равнинный пресноводный (сом, сазан, судак, вьон, и др.);
- понтокаспийский пресноводный (лещ, красноперка, жерех, подуст, уклейка, чехонь, усач, шемая и др.);
- переднеазиатский (кубанская, быстрянка);
- китайский равнинный (толстолобики, амурь).

По характеру размножения в составе ихтиофауны имеется 5 экологических групп:

- фитофильная (сазан, лещ, карась, плотва, густера, красноперка, сом, окунь, щука);
- полупеготильная (белый амур, пестрый толстолобик);
- пелаготильная (белый толстолобик, чехонь);
- индифферентная (судак).

Доминирующей по характеру размножения является фитофильная. В ее состав входят виды рыб, имеющие промысловое значение: лещ, сазан, плотва, густера и другие [25].

Литофильная группировка рыб (осетровые, рыбец, шемая) до строительства водохранилища нерестилась в верховье р. Кубани и ее левобережных притоках: реки Лаба, Белая, Пшиш, Пскупс, и др.; после сооружения Краснодар-

ского гидроузла численность этих рыб резко сократилась, и в настоящее время рыбы, входящие в состав этой группы промыслового значения не имеют.

Из полупелагофилов и пелагофилов наиболее благоприятные условия для нереста находит чехонь. Об этом можно судить по наличию молоди в уловах мальковой волокушей и взрослых рыб в промысловых уловах.

Нерест растительноядных рыб в р. Кубани и р. Бело й, выше Краснодарского водохранилища, происходит ежегодно в период подъема паводковых вод, однако эффективность естественного воспроизводства этих рыб очень низка [с 20 по 22].

Представитель индифферентной экологической группировки – судак - в Краснодарском водохранилище имеет благоприятные условия для естественного воспроизводства, так как во время его нереста (конец марта – начало апреля). В качестве нерестового субстрата судак выбирает корневища ивняка, тростника, рогоза и др.

По характеру питания рыбы Краснодарского водохранилища делятся на мирных и хищных. Мирные рыбы делятся на несколько групп, питающиеся:

- растительностью (макрофитами) – белый амур;
- микроводорослями – белый толстолобик;
- обрастаниями – подуст;
- зоопланктоном – все рыбы в стадии личинки и некоторые взрослые рыбы – пестрый толстолобик, веслонос, укляя и др.;
- зообентосом – сазан, лещ, плотва, карась и др.
- детритом – частично питаются толстолобики, сазан, лещ и др.

Хищные рыбы (судак, сом, щука, жерех, окунь) питаются мелкой рыбой как в стадии малька, так и во взрослом состоянии [26].

Таким образом, ихтиофауна Краснодарского водохранилища представлена в настоящее время 71 видом рыб, включая проходных и акклиматизантов. Видовой состав рыб в водохранилище формировался за счет рыб, обитающих в бывшем Тщетикском водохранилище и р. Кубани, а также акклиматизантов. Изменения в видовом составе рыб происходили из-за замены типичных речных условий на условия, характерные для стоячих и малопроточных водоемов, при

которых реофильные рыбы не смогли адаптироваться к условиям водохранилища. Речные литофильные и псаммофильные рыбы не нашли благоприятных условий для размножения вследствие слабой проточности и поэтому покинули водохранилище.

Формирование ихтиофауны во вновь создаваемых водохранилищах представляет собой сложный процесс, который определяется взаимодействием многочисленных факторов и зависит, в первую очередь, от видового состава исходной ихтиофауны, взаимоотношений отдельных видов, кормовой базы, а также изменения типично речных условий на условия, близкие к стоячим водоемам.

Наблюдения за ихтиофауной во многих водохранилищах страны показали, что процесс ее формирования делится на три этапа.

4.4 Формирование гидробиологических условий

Фитопланктон водохранилища исследован довольно подробно [27]. Видовое разнообразие Краснодарского водохранилища представлено 205 видами. Основу составляют протококковые, сине-зеленые, диатомовые и эвгленовые водоросли. Для фитопланктона свойственна сезонная динамика, зависящая от температуры воды.

Зоопланктон представлен типичными пресноводными формами коловраток, копепод, кладоцер и другие (всего 46 видов). Характерны сезонные изменения численности и биомассы. Среднегодовые показатели биомассы изменяются от 0,6 до 9,2 г/м³.

Уровенный режим Краснодарского водохранилища не является благоприятным для нереста большинства промысловых рыб и нагула бентофагов. Заполнение рисовых систем водой из водохранилища совпадает с нерестом рыб, что приводит к обсыханию и гибели нерестилищ.

Забор воды рисовыми оросительными системами составляет свыше 1,3 млрд. м³. При этом до 70 % объема возвращаются в водоемы бассейна реки Кубани как отходы производства. Со сбросными водами в реки и лиманы попа-

дают инсектициды, фунгициды, гербициды, представляющие резко очерченные группы веществ, хлорированные углеводороды, органические фосфаты, алифатические карбоновые кислоты и др.

Зообентос водохранилища представлен олигохетами и хирономидами. Всего отмечено 48 бентосных видов беспозвоночных. В Краснодарском водохранилище с марта по октябрь видовая численность и биомасса бентоса существенно не меняется. В количественном отношении численность донных организмов убывает от весны до осени, что связано с выеданием рыбами (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – биомасса зообентоса Краснодарского водохранилища по сезонам, г/м².

Организмы	Весна	Лето	Осень	Среднее за год
Хирономиды	3,54	1,35	2,43	2,44
Олигохеты	0,28	0,78	0,97	0,68
Мизиды	0,32	0,62	0,21	0,58
Прочие	0,06	0,02	0,01	0,03
ВСЕГО	4,20	2,77	1,21	3,73

В наиболее глубоких участках водохранилища показатели биомассы зообентоса минимальные, а максимальные отмечены на мелководье с разреженной растительностью. Среднегодовая биомасса за 8 лет наблюдений составляет 3,0 г/м².

Изменение объема и уровня водохранилища приводят к большим колебаниям площади водоема. Исследования, проведенные на водохранилище с 1974 по 1992 год, позволяют сделать вывод, что ежегодно наблюдается гибель отложенной икры на нерестилищах из-за интенсивного сброса в период нереста фитофильных видов рыб (сазан, лещ), что наносит большой ущерб рыбному хозяйству [28].

Следует отметить, что при строительстве плотины на реке Кубань выше города Краснодар привело к резким изменениям гидрологического режима ре-

ки, что в свою очередь отрицательно сказалось на воспроизводстве рыбных запасов как самой реки, так и Азовского бассейна в целом. Плотина перегородила путь к нерестилищам таким ценным видам рыб, как осетровые, рыбец, шемая и другие. Запасы осетровых в Азовском море в настоящее время поддерживаются только за счет искусственного воспроизводства их на осетровых заводах Кубани.

По термическому режиму водохранилище относится к хорошо прогреваемым водоемам умеренной зоны, что благоприятно сказывается на воспроизводстве рыб, темпе роста как молоди, так и взрослых рыб, а также на развитии естественной кормовой базы для рыб.

Выводы по Главе 4:

Фитопланктон Краснодарского водохранилища представлен 205 таксонами водорослей, относящимися к 9 группам: протококковые, диатомовые, вольвоксовые, синезеленые, эвгленовые, пирофитовые, желто-зеленые, десмидиевые, золотистые

Изменение объема и уровня водохранилища приводят к большим колебаниям площади водоема. Исследования, проведенные на водохранилище с 1974 по 1992 год, позволяют сделать вывод, что ежегодно наблюдается гибель отложенной икры на нерестилищах из-за интенсивного сброса в период нереста фитофильных видов рыб (сазан, лещ), что наносит большой ущерб рыбному хозяйству.

Следует отметить, что при строительстве плотины на реке Кубань выше города Краснодар привело к резким изменениям гидрологического режима реки, что в свою очередь отрицательно сказалось на воспроизводстве рыбных запасов как самой реки, так и Азовского бассейна в целом. Плотина перегородила путь к нерестилищам таким ценным видам рыб, как осетровые, рыбец, шемая и другие. Запасы осетровых в Азовском море в настоящее время поддерживаются только за счет искусственного воспроизводства их на осетровых заводах Кубани.

По термическому режиму водохранилище относится к хорошо прогреваемым водоемам умеренной зоны, что благоприятно сказывается на воспроиз-

водстве рыб, темпе роста как молоди, так и взрослых рыб, а также на развитии естественной кормовой базы для рыб.

5 Построение прогностической модели приходной части водного баланса.

Поскольку водный баланс является лимитирующим фактором для гидробионтов возникла необходимость осуществления его прогноза. По этой причине в работе была использована взаимная корреляционная функция, которая показывает меру взаимосвязи двух временных реализаций.

5.1 Понятие взаимной корреляционной функции (ВКФ)

Мера линейной взаимосвязи двух временных реализаций $X(t)$ и $Y(t)$ является взаимная корреляционная функция ($r_{xy}(\tau)$), которая применительно к непрерывным процессам бесконечной продолжительности определяется как:

$$r_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T x(t)y(t+\tau)dt \quad (5.1)$$

Функция $r_{xy}(\tau)$ характеризует степень коррелированности ординаты реализации $x(t)$, взятой в момент времени t_1 и ординаты реализации $y(t)$, взятой в момент времени t_2 .

В общем случае ВКФ несимметрична, то есть $r_{xy}(\tau) \neq r_{xy}(-\tau)$, поэтому вычисления $r_{xy}(\tau)$ осуществляются как для положительных, так и для отрицательных значений аргументов. Однако объем вычислений может быть сокращен на основе свойства ВКФ:

$$r_{xy}(\tau) = r_{yx}(-\tau) \quad (5.2)$$

$$r_{yx}(\tau) = r_{xy}(-\tau)$$

Функция $r_{xy}(\tau)$ характеризует степень опережения $x(t)$ относительно $y(t)$, а $r_{yx}(\tau)$ – запаздывание $x(t)$ по отношению к $y(t)$. При переходе к дискретным процессам большой продолжительности, формула ВКФ приобретает вид:

$$r_{xy} = \frac{\sum^{n-\tau} (x_i - \bar{x})(y_{i-\tau} - \bar{y})}{(n - \tau)\sigma_x\sigma_y}$$

$$r_{yx} = \frac{\sum^{n-\tau} (y_i - \bar{y})(x_{i+\tau} - \bar{x})}{(n - \tau)\sigma_x\sigma_y}$$
(5.3)

Нормированная ВКФ связана с ВКФ ($R_{xy}(\tau)$)

$$r_{xy}(\tau) = \frac{R_{xy}(\tau)}{\sigma_x(0)\sigma_y(0)}$$
(5.4)

где $\sigma_x(0)\sigma_y(0)$ – взаимная дисперсия на нулевом сдвиге.

ВКФ является более информативной по сравнению с автокорреляционной функцией в том смысле, что она дает возможность также получить разность фаз процессов $x(t)$ и $y(t)$. Временной сдвиг τ_i , соответствующий максимуму функции. Взаимный корреляционный анализ определяет среднюю разность фаз исследуемых процессов. Симметрия ВКФ относительно нулевого сдвига, то есть максимум ВКФ при $\tau = 0$, означает, что процессы протекают синфазно. Асимметрия ВКФ, то есть максимум при $\tau \neq 0$, означает, что процессы протекают асинфазно (то есть с некоторой разностью фаз).

Кроме того, если исследуемые ряды содержат колебания с одной и той же частотой, то функция из взаимной корреляции так же будет содержать колебания с той же частотой.

ВКФ используется при решении многих задач, но особенно при разработке прогноза.

5.2 Применение взаимной корреляционной функции для прогноза водного баланса Краснодарского водохранилища.

Была построена линейная прогностическая модель приходной части водного баланса по данным, предоставленным Кубанским Бассейновым Водным Управлением, ФГУ «Кубаньмониторингвод» за период с 1974 по 2005 год [29].

Для построения прогностической модели была рассчитана взаимная корреляционная функция (ВКФ). Для каждого сдвига ВКФ рассчитали уровни значимости $R_{кр+}$ и $R_{кр-}$ (табл. 5.1)

Таблица 5.1 – Расчет ВКФ и уровней значимости

сдвиг	R	t _{кр}	R _{кр+}	R _{кр-}
-6	-0,100	1,940	0,343	-0,343
-5	0,374	1,942	0,337	-0,337
-4	0,186	1,944	0,333	-0,333
-3	-0,025	1,946	0,328	-0,328
-2	-0,045	1,948	0,324	-0,324
-1	0,145	1,950	0,320	-0,320
0	0,992	1,952	0,316	-0,316
1	0,138	1,955	0,320	-0,320
2	-0,032	1,957	0,325	-0,325
3	0,020	1,960	0,330	-0,330
4	0,178	1,963	0,335	-0,335
5	0,321	1,967	0,341	-0,341
6	-0,143	1,970	0,347	-0,347

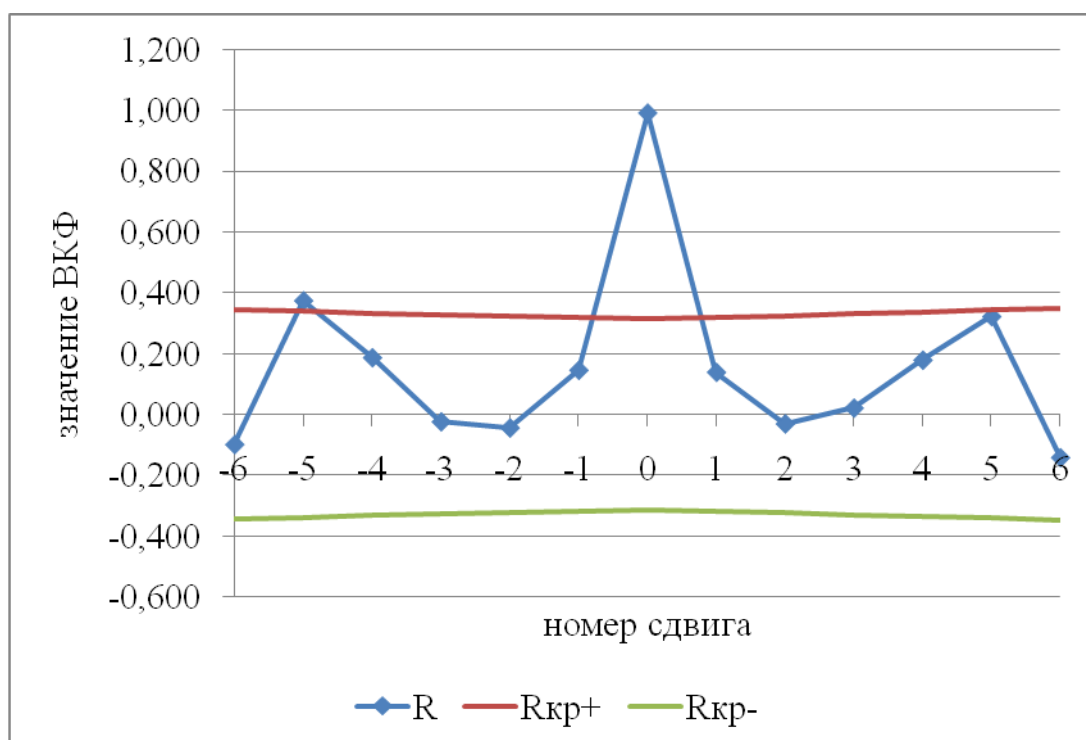


Рисунок 5.1- ВКФ и уровни значимости

Коэффициент корреляции имеет максимум на нулевом сдвиге, что не дает заблаговременности прогноза. На сдвиге $\tau = -5$ и $\tau = 5$ коэффициент корреляции также значим. Однако интерес представляет прогноз приходной части водного баланса от притока по рекам, поэтому строится модель для сдвига $\tau = 5$.

$$P_{i+5} = a \cdot P_p + b, \quad (5.5)$$

где

- a, b - коэффициенты регрессии;
- P_{i+5} - прогнозируемое значение приходной части водного баланса;
- P_p - приток по рекам.

В итоге получается прогностическую модель, заблаговременность прогноза которой равна 5 лет. Характеристики модели следующие:

- коэффициенты регрессии, $a = 0,361$ и $b = 8251$,
- критерий Фишера равен 4.05, его значимость 0.054
- коэффициент детерминации $R^2 = 0.1396$

- стандартная ошибка модели равна $2664 \text{ м}^3/\text{с}$, что меньше СКО исходного ряда $2843 \text{ м}^3/\text{с}$.

Построение совмещенных графиков фактического и спрогнозированного значений приходной части водного баланса (рис. 5.2), показывает, что модель в качестве прогностической использовать можно, так как она достаточно хорошо описывает исходные данные.



Рисунок 5.2 – Совмещенные графики фактического и спрогнозированного значений стока.

Заключение

Для достижения *цели* исследования было произведено всестороннее рассмотрение в современный временной промежуток времени Кубанского водохранилища и выявлены ее эколого-географические особенности.

Реализация *цели* обусловила решение следующих основных *задач*, поставленных в работе:

- были исследованы физико-географические особенности Кубанского водохранилища;
- выявлены особенности гидрологического режима водохранилища;
- изучен гидрохимический режим водохранилища и осуществлен прогноз значений его показателей;
- исследованы гидробиологические условия водохранилища

Решение поставленных задач позволило сформулировать следующие основные *выводы*:

1. Краснодарское водохранилище, располагается на территории бассейна реки Кубань и относится к территории Краснодарского края, основное его назначение: орошение, обводнение, водоснабжение, водный транспорт, рыбное хозяйство и в меньшей степени — гидроэнергетика.
2. Краснодарский край расположен на юге Европейской части Российской Федерации; наибольшая протяженность края с севера на юг — 372 километра, с запада на восток - 380 километров; площадь территории края — 76 тыс. кв. км (0,45 % от территории РФ).
3. Климат края классифицируется как умеренно континентальный с мягкой непродолжительной зимой, длительным безморозным периодом (191 день); осадки кратковременные, преимущественно ливневые, за период активной вегетации их выпадает более 50 %; среднегодовое их количество составило 600 — 670 мм.
4. Вода р. Кубань относится к гидрокарбонатному классу кальциевой группы II типа; минерализация воды достигает максимального значения весной — до

500 мг/л, минимального – летом 220 – 300 мг/л; в Краснодарском водохранилище качество воды идентично водам р. Кубань.

5. Почвенный покров в крае представлен 108 наименованиями почв: мощные и сверхмощные черноземы, черноземы обыкновенные, серые лесные, бурые лесные, дерново-карбонатные, коричневые, лугово-черноземные, луговые и прочие.

6. По природным условиям территория изучения расположена в зоне степей, которые сейчас представляют собой антропогенный ландшафт, где практически не сохранилась естественная растительность; в прошлом в крае произрастала злаково-разнотравная растительность с наличием в ее составе большого количества лугово-степного разнотравья.

7. Краснодарское водохранилище относится к русловому типу; его чаша расположена в долине реки Кубань, перегороженной плотинами, водохранилище контролирует 96 % годового стока реки, построено в 1968 – 1978 годах; расположено в средней части долины реки на 307-223 км от ее устья между станцией Воронежской и городом Краснодар; было пущено в эксплуатацию в 1973 году.

8. Водохранилище занимает пойму реки Кубань; правый берег высокий, обрывистый с высотой берегового обрыва 2-10 м, а в отдельных местах – до 21 м; левый берег низкий, пологий; берега сложены лессовидными суглинками, песками и глинами, покрытыми аллювиальными отложениями; наибольшие глубины водохранилища не превышают 10 м.

9. Площадь водохранилища 397,8 км², наибольшая длина 46 км и средняя ширина 8,6 км; полный объем водохранилища 2349,3 млн. м³, а полезный 2200 млн. м³; подпорный уровень воды у плотины – 25 м; длина береговой линии около 200 км; средняя глубина 5,9 м при максимальной 24,7 м; земляная плотина водохранилища, длиной по гребню 11,6 км, расположена на 242 км от устья; ее высота на пойме 14-15 м, в русле – более 20 м.

10. Краснодарское водохранилище на всем протяжении судоходное; протяженность судового хода от города Усть-Лабинск до Краснодарского гидроузла равно 65 км; основной судовой ход от города Усть-Лабинск до хутора Ленина про-

ходит по затопленному руслу реки Кубань и далее до Краснодарского гидроузла.

11. Температурный режим Краснодарского водохранилища зависит от погодных условий, объема поступающих вод р.Кубани и ее притоков, а также от величины водообмена, скорости течения и ветрового перемешивания; по средним многолетним данным, наибольшего прогрева – 26,7-28,9 С (в среднем 24 С) вода достигает в июле-августе.

12. Продолжительность ледостава на Краснодарском водохранилище составляет от 7 до 65 дней и увеличивается от плотины к верховьям водохранилища достигая в районе станицы Васюринской 65 дней.

13. Волнение на водохранилище зависит от скорости и направления ветра: преобладающими направлениями ветра на водохранилище являются восток-северо-восточное и восточное; при восток-северо-восточном направлении длина разгона волн составляет 22,5 м, а высота волны изменяется от 65 см при скорости ветра 6 м/с до 160 см при скорости ветра 16 м/с; при восточном ветре длина разгона волны 14,5 м, высота волны изменяется от 40 см при скорости ветра 4 м/с, 130 см при 12 м/с и 195 см – при 22 м/с; с прекращением ветра волнение прекращается в течение одного-двух часов.

14. После заполнения водохранилища до полного объема в апреле – июне начинается сработка, поэтому уровень воды летом и в начале осени постепенно снижается; спад уровня продолжается до октября – ноября, после чего отмечается незначительное его повышение, связанное с резким уменьшением подачи воды на орошение и сокращение испарения.

15. На Краснодарском водохранилище интенсивнее происходит абразия правого крутого берега; переформирование правого берега происходит по абразионно-обвальному типу с образованием волноприбойных ниш и карнизов, левого низкого склона - в свою очередь - в волноприбойной зоне; заиление Краснодарского водохранилища происходит также в результате твердого стока, приносимого реками.

16. Существенно величина притока рек не изменилась: в 1974 г. она составляла 89%, а в 2005 г. – 92%, что свидетельствует об увеличении стока рек в послед-

ние годы; количество осадков незначительно уменьшилось: с 8% в 1974 г. до 2% в 2005г., расход, в свою очередь, вообще практически не изменился.

17. В последние 50 лет сток реки Кубань сокращался из-за интенсивной хозяйственной деятельности в регионе. При этом забор воды осуществлялся как на орошение, обводнение, так и на переброску для водоснабжения других водохранилищ, в частности, Манычской группы.

18. Химический состав воды водохранилища меняется по годам, сезонам и по зонам незначительно; среди компонентов ионно-солевого состава за все годы существования водохранилища преобладают ионы HCO_3^- и SO_4^{2-} (на их долю приходится 68 %).

19. Анализ данных мониторинга поверхностных вод на территории Краснодарского края в 2015 году показал, что, как и в предыдущие годы, качество поверхностных вод суши не отвечало нормативным требованиям; уровень загрязнения большинства водных объектов оставался достаточно высоким.

20. В перечень наиболее опасных веществ, загрязняющих акваторию Краснодарского водохранилища, входят нефтепродукты (нефтяные углеводороды), цинк, фенолы, медь, сульфаты, железо.

21. Наибольшего развития за все годы исследований достигают диатомовые – 25,32 %, протококковые – 18,61, эвгленовые – 16,41, синезеленые – 15,39, вольвоксовые – 13,79 и пиррофитовые – 8,74 %; остальные группы водорослей составляют 1,55-0,18 % общей биомассы; по уровню развития фитопланктона водохранилище может быть отнесено к категории эвтрофных.

22. Зоопланктон Краснодарского водохранилища представлен тремя типичными планктонными группами организмов; веслоногими и ветвистоусыми рачками, а также коловратками; видовой состав зоопланктона включает 46 видов.

23. В состав ихтиофауны Краснодарского водохранилища вошли рыбы, обитавшие ранее в Тщикском водохранилище, рыбы среднего течения, а так же нижнего течения р. Кубани и ее левобережных притоков: рек: Лаба, Белая, Пшиш, Псекупс и др.: семейство карповых – 25 видов, полупроходные рыбы (осетровые, рыбец, шемая) и акклиматизанты (растительные, чукучановые, самообразные, веслоносые) – 16 видов; к наиболее широко распространен-

ным и массовым рыбам, обитающим в водохранилище, относятся: из ценных промысловых видов – сазан (каarp), лещ, толстолобики; из малоценных – густера, плотва, чехонь.

24. Применение взаимной корреляционной функции для прогноза водного баланса Краснодарского водохранилища.позволило построить совмещенные графики фактического и спрогнозированного значений приходной части водного баланса, что доказало возможность использования модели в качестве прогностической, так как она достаточно хорошо описывает исходные данные.

Список использованных источников

- 1 Лурье, П.М. Река Маныч. Гидрография и сток / П.М. Лурье, В.Д. Панов, А.М. Саломатин.– Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2001.– 160 с
- 2 Гидрометеорологический режим озер и водохранилищ / Под ред. В.А. Знаменского, В.М. Гейгенко.– Ленинград: Гидрометеиздат, 1977.– 204 с
- 3 Хрусталеv, Ю.П. Климат и агроклиматические ресурсы Ростовской области / Ю.П. Хрусталеv, 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: Гидрометеиздат, 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: Гидрометеиздат, 1979.– 175 с
- 7 Рекомендации по расчетам водного баланса крупных озер и водохранилищ.– Ленинград: Гидрометеиздат, 1989.– 400 с
- 8 Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования.– Ленинград: Гидрометеиздат, 1986.– 167 с
- 9 Указания по расчету испарения с поверхности водоемов.– Ленинград: Гидрометеиздат, 1969.– 82 с
- 10 Кривенцов, М.И. Гидрохимия водохранилищ Западного Маныча.– Ленинград: Гидрометеиздат, 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](http://wetlands.oopt.info/manych/physgeo.html))

- Федоров, М.Н. Экология для гидротехников / М.Н. Федоров, М.Б. Шилин,
13 Н.Н. Ролле.– Санкт-Петербург, 1992.– 35 с
- 14 (<http://isuct.ru/dept/nochem/oht/ecolpro/pro7.html>-20)
(<http://herba.msu.ru/algae/materials/book/text/part1/15.html>)
- 15 (<http://www.spektr.info/turizm/mesta/don/48.html>)
- Дмитриев, В.В. Диагностика и моделирование водных экосистем.– Санкт-
16 Петербург: Университет, 1995.– 216 с
- Домбровский и др.
- 17 (<http://grants.rs...i8emthft4.html>)
- Борисов, В.И. Занимательное краеведение. Краснодар, 2006. – 88с.
- 18 Борисов, В.И. "Реки Кубани". Краснодар, 2005. – 175 с.
- 19 Лотышев, И.П. География Краснодарского края. Краснодар. Изд-во «Печатный двор Кубани», 1999. – 116 с.
- 20 Платонов, И., Рябухин А. Красавица Кубань, 2007. – 139 с.
- 21 Ситдикова, Н. В., Моя Кубань. Ростов-на-Дону. Издательство "Баро-
22 Пресс", 2005. – 214 с.
- Витульская, Н.В. Прикладная экология : учебное пособие. Краснодар,
2001. – 272с .
- 23 Никитин ,Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая Среда и человек. - М.: 1986. – 121 с.
- 24 Радзевич, Н.Н., Пашканг К.В. Охрана и преобразование природы. - М.:
25 Просвещение, 1986. – 167 с.
- Абаев Ю.И., Москул Г.А. Современная ихтиофауна бассейна реки Кубани
// Актуальные вопросы экологии и охраны природы экосистем южных ре-
26 гионов России и сопредельных территорий: Тезисы докладов X Межрес-
публиканской научно-практической конференции. Краснодар, 1997.
С.104-106.
- Губанов Е.П. Современные проблемы промыслового прогнозирования в
Азово-Черноморском бассейне и пути их решения // Первый конгресс их-
27 тиологов России (г. Астрахань, сентябрь 1997 г.): Тезисы докладов. М.:
ВНИРО, 1997. С. 65.
- Москул Г.А. Видовой состав рыб и условия их размножения в Краснодар-
ском водохранилище // Актуальные вопросы изучения экосистемы бас-
28 сейна Кубани: Сборник тезисов научно-практической конференции.

- Краснодар, 1988. С. 109-113.
- 29 Москул Г.А. Рыбохозяйственное освоение Краснодарского водохранилища. СПб, 1994. 136 с.
- 30 Москул Г.А. Питание двухлеток пиленгаса в прудах Краснодарского края // Биологические ресурсы и проблемы развития аквакультуры на водоемах Красноярского края и западной Сибири. Тюмень, 1996. С. 105-106.
- 31 Москул Г.А. Рыбы водоемов бассейна Кубани (определитель). Краснодар, 1998. 177 с.
- 32 Москул Г.А. и др. Современное состояние и пути развития рыбного хозяйства на водохранилищах Краснодарского и Ставропольского краёв // Рыбохозяйственное освоение водохранилищ Северного Кавказа: Сборник научных трудов ГосНИОРХ. 1982. Вып.186. С.43-143.