МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЦЕНТР ДЕТСКОГО ТВОРЧЕСТВА «РОВЕСНИК»

Исследование малых рек г. Чусового

Выполнил:
Патрило Илья –
учащийся 10 класса
МБУДО «ЦДТ «Ровесник»

Руководитель:
Аристова Р. А. –
педагог дополнительного образования
МБУДО «ЦДТ «Ровесник»

Чусовой, 2022

Содержание

		Стр.
Введение		3
1.	Теоретическая часть	4
1.1.	Реки и их типы	4
1.2.	Гидрохимический режим рек	5
1.3.	Оценка качества поверхностных вод	7
2.	Характеристика изучаемых объектов	8
2.1.	р. Кряжевка	9
2.2.	р. Мельничная	9
2.3.	р. Архиповка	10
3.	Схема отбора проб	11
4.	Экспериментальная часть	13
4.1.	Условия, объекты и методы исследования	13
4.2.	Оценка экологического состояния малых рек г. Чусового	14
Выводы		17
Использованные источники		18
Приложения		21

Введение

Через речку мостик лёг и лежит.
Ждёт, что к речке ручеёк прибежит.
Встретит речку на пути – Красота!
Трудно речку перейти без моста.
Вот и ходят ручейки где легко.
Ведь бежать в обход реки – далеко!
Елена Евсеева [11]

Основным источником получения необходимых людям материальных и нематериальных благ служат естественные ресурсы. К ним относятся элементы природы, которые на данном уровне развития производственных сил используются или могут быть использованы для удовлетворения потребностей человеческого общества. В отношении ресурсов природа рассматривается с учетом как интересов производства (земельные, водные и др.), так и условий жизнедеятельности людей (рекреационные и лечебные) [10].

В своем исследовании мы обратили внимание на водные ресурсы. Известно, что вода покрывает 2/3 поверхности Земли, а также содержится в горных породах и минералах, почве, растениях, атмосфере. Однако и при таком значительном ее количестве человечество с каждым годом все более ощущает дефицит чистой воды.

Главной водной артерией Чусовского городского округа является р. Чусовая, питьевую воду городу Чусовой даёт р. Усьва, которая, в свою очередь, принимает воды р. Вильва. Состав и свойства воды этих рек напрямую зависят от многочисленных притоков (малых рек, ручейков, родников), которые мало изучены. Мы занялись исследованием гидрохимического и гидрологического режимов малых рек.

Данная работа была проведена с целью оценки качества воды малых рек г. Чусового Архиповка, Кряжевка, Мельничная.

Для достижения цели мы поставили следующие задачи:

- познакомиться со специальной, методической и научно-популярной литературой по вопросам гидрологии и гидрохимии речных объектов;
- исследовать морфометрические параметры изучаемых водотоков;
- изучить температурный режим воды рек;
- отобрать пробы воды;
- произвести химический анализ проб;
- оценить качество воды малых рек.

Выражаем благодарность сотрудникам химической лаборатории насосно-фильтровальной станции Усьвинского водозабора МУП «Горводоканал» за помощь в проведении химического анализа воды.

1. Теоретическая часть

1.1. Реки и их типы

Река – это водоток сравнительно крупных размеров, питающийся атмосферными осадками со своего водосбора и имеющий четко выраженное сформированное самим потоком русло. К рекам обычно относят лишь водотоки с площадью бассейна не менее 50 км^2. Водотоки меньшего размера называют ручьями.

На территории России по данным РосНИИВХа, более 2,5 млн рек. Из них почти 95% имеют длину менее 25 км. 2833 рек (0,1% всех рек) имеют длину от 101 до 500 км. По величине площади бассейна самые крупные реки России – это Обь, Лена, Енисей, Амур и Волга; по длине – Енисей, Лена, Амур. Самые водоносные реки России – это Енисей, Лена, Обь.

Реки различают по разным признакам, например, по размеру, водному режиму, ледовому режиму и прочему.

По размеру реки подразделяют на большие, средние и малые. К большим относят реки с площадью бассейна более 50000 км, к средним – с площадью бассейна в пределах 2000 – 50000, к малым – с площадью бассейна менее 2000 км.

По условиям протекания реки подразделяют на:

-равнинные - с величиной числа Фруда менее 0,1

-полугорные - с числами Фруда в пределах 0,1 – 1,0

-горные – с числами Фруда более 1,0

В гидрологии числом Фруда называют безразмерное число для определения состояния потока (спокойное или бурное).

$$F = \frac{V^2}{gh}$$

g – ускорение свободного падения;

h – глубина потока;

По видам питания реки делят на различные типы в зависимости от вклада снегового, дождевого, ледникового и подземного питания в формировании речного стока.

По водному режиму, т.е. характеру внутригодового распределения стока, выделяют реки с весенним половодьем, с половодьем в теплую часть года, с паводочным режимом.

По степени устойчивости русла можно выделить реки устойчивые и неустойчивые, а по ледовому режиму – реки замерзающие и незамерзающие. Выделяют также реки промерзающие или перемерзающие и пересыхающие. Следует различать

промерзание и перемерзание рек. Промерзание – это замерзание всей толщи воды до дна на большом протяжении реки. Перемерзание – это образование ледяных перемычек лишь на отдельных мелководных участках русла (например, на перекатах).

Некоторые реки пересыхают в засушливые периоды года, когда из-за отсутствия дождей поверхностное питание прекращается, а подземное (грунтовое) истощается [9].

1.2. Гидрохимический режим рек

Речные воды имеют, как правило, сравнительно невысокую минерализацию и относятся к пресным водам. По величине минерализации О.А. Алекин выделяет реки с малой (до 200 мг/ дм^3), средней (200 – 500 мг/дм^3), повышенной (500 – 1000 мг/дм^3) и высокой (более 1000 мг/дм^3) минерализацией.

Минерализация речных вод зависит от характера питания реки. В период преимущественного питания рек талыми, дождевыми, ледниковыми водами минерализация наименьшая. Когда в питании реки начинают большую роль играть подземные воды, минерализация воды повышается.

Химический состав речных вод в целом весьма разнообразен. Эти воды, как правило, относятся к гидрокарбонатному классу и кальциевой группе. У большинства рек с малой и средней минерализацией соотношение главных ионов следующее: $HCO_3^- > SO_4^{2-} > Cl^-$ и $Ca^{2+} > Mg^{2+} > Na^+ + K^+$

Помимо минеральных веществ речные воды содержат в растворенном виде органические и неорганические биогенные вещества. Из органических веществ главное место занимают гуминовые соединения, среди биогенных веществ наиболее важны соединения азота (нитраты, нитриты, аммоний), фосфора (фосфаты), кремния.

Из микроэлементов в речных водах встречаются бром, иод, медь, цинк, свинец, никель и др. Их концентрация в естественных условиях не превышает 10 – 30 мкг/дм^3.

Из газов, растворенных в речных водах, наибольшее значение имеют кислород и углекислый газ. Весной и летом содержание кислорода в речной воде наибольшее – до 10 – 12 мг/дм^3. Зимой под ледяным покровом может ощущаться недостаток кислорода, иногда приводящий к замору рыб. Концентрация CO_2, наоборот, наибольшая зимой и наименьшая летом [9].

В исследуемых нами реках были выявлены следующие ионы: HCO_3^-, SO_4^{2-}, Cl^-, NO_2^-, NO_3^-, NH_4^+, Ca^{2+}, Fe $_{(общее)}$. Каждый из них имеет свою функцию и свое определяющее значение в воде.

Гидрокарбонат – ион является важнейшей составной частью ионного состава пресных и маломинерализованных природных вод суши [12]. Почти повсеместное присутствие гидрокарбонат – иона обуславливается породами, содержащими карбонаты. Гидрокарбонатный ион встречается во всех природных водах, кроме кислых вод, с pH ниже 4. в пресных водах гидрокарбонат – ион в большинстве случаев является основным анионом раствора [1].

Хлорид – ионы обычно занимают первое место среди анионов в воде океанов, морей, меньше их в воде рек. Источники хлорид – ионов в воде – продукты выветривания магматических пород, в которых хлор присутствует в рассеянном состоянии, колоссальные залежи хлористых солей осадочных пород, вулканические выбросы. Повышенное содержание хлоридов ухудшает вкусовые качества воды, делает ее малопригодной для питьевого водоснабжения и ограничивают применение для других целей. Концентрация хлоридов и ее колебания могут служить одним из критериев загрязненности водоема хозяйственно-бытовыми стоками [12].

Сульфат – ионы также важнейшие анионы природной воды и вместе с хлорид-ионами составляют главную часть анионного состава воды морей и сильно минерализованных озер. Основными источниками растворенных в воде сульфатов являются различные осадочные породы, в состав которых входит гипс. Источниками сульфат-ионов в природной воде служат и процессы окисления самородной серы.

На содержание сульфат-ионов в природных водах оказывают влияние процессы распада и окисления органических веществ растительного и животного происхождения, содержащих серу. Вблизи населенных пунктов присутствие сульфат – ионов в воде часто оказывается результатом загрязнения ее бытовыми и промышленными сточными водами. Повышенное содержание сульфатов в воде ухудшает ее органолептические свойства. Сульфаты могут придавать воде слабительные свойства, поэтому их содержание строго регламентируется.

Основным источником **катионов кальция** в природных водах являются известняки, которые растворяются угольной кислотой, находящейся в воде, с образованием гидрокарбонатов. Другим источником катионов кальция в природных водах является гипс, весьма распространенный в осадочных породах. Катионы **магния** поступают в воду преимущественно при растворении доломитов ($CaCO_3$, $MgCO_3$) или продуктов выветривания коренных пород. Присутствие катионов кальция и магния обуславливает жесткость воды.

Соединения азота. Из неорганических соединений азота в воде встречаются катионы аммония, нитритные и нитратные анионы. Основным источником появления в

воде соединений азота являются различные сложные органические вещества животного и растительного происхождения, содержащие в своем составе белок. Наличие аммиака в воде всегда вызывает подозрение в загрязнении сточными водами.

Железо очень часто встречается в природных водах вследствие перехода его в раствор из различных горных пород, в которых железо широко распространено. Воды, содержащие железо в значительных количествах, обычно имеют кислую реакцию среды [1].

1.3. Оценка качества поверхностных вод

Природные и сточные воды всегда содержат определенное количество растворенных и взвешенных веществ органического и минерального происхождения.
Под качеством воды в целом понимается характеристика ее состава и свойств, определяющая ее пригодность для конкретных видов водопользования, при этом критерии качества представляют собой признаки, по которым производится оценка качества воды. Качество воды обуславливается совокупностью растворенных в ней минеральных и органических веществ, газов, коллоидов, взвешенных веществ, а также наличием микроорганизмов [3].

Согласно Постановлению главного государственного санитарного врача от 28 января 2021 года N 2 в России действуют санитарные правила и нормы СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22].

Также, мы сравнили российские ПДК с европейскими стандартами качества воды. Ниже приводится таблица классификации природных вод Франции (Таблица. 1.1.).

Таблица 1.1.

Классификации природных вод Франции [8]

Класс качества	Фенол	$БПК_5$	Fe	NH_4	NO_2	NO_3	PO_4	O_2	ХПК	Cu
1А-отлично	-	3	0,5	0,1	0,03	-	0,54	7	20	-
1В-хорошо	0,001	5	1	0,4	0,3	-	-	5	25	0,05
2-удовлетворительно	0,05	10	1,5	1,5	0,3	11,3	0,94	3	40	1
3-плохо	0,5	25	-	6,2	0,61	22,6	-		80	-
НС-вне классификации	> 0,5	> 25		> 6,2	> 0,61	> 22,6			> 80	

2. Характеристика изучаемых объектов

Исследуемые нами реки Архиповка, Мельничная и Кряжевка являются малыми и относятся к бассейну р. Чусовая. По гидрологическому районированию они входят в состав Нижнечусовского округа (Рис. 2.1.).

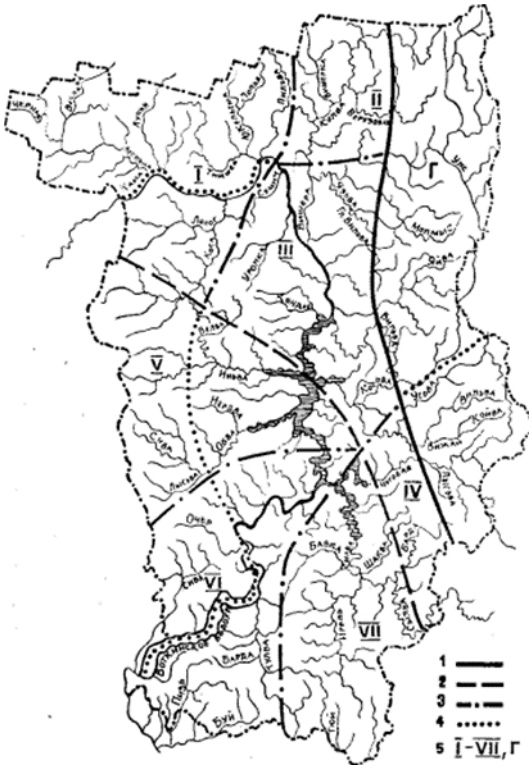

Рис. 2.1. Схема речной сети и гидрологического районирования [7]

Это самый малый по площади среди географо-гидрологических округов Пермской области (ныне края – *прим. авт.*), включающий бассейн нижнего течения Чусовой (ныне – Чусовского залива Камского водохранилища) и верховий притоков Сылвы – Барды, Шаквы и других. Это – переходная полоса; по рельефу – от средне – горного к равнинному (поэтому реки носят черты и горных, и равнинных потоков), по растительности – от южно-таежных лесов к широколиственно – таежным. В бассейнах рек встречаются травянистые елово – пихтовые и осиново – березовые леса со значительной примесью липы, ильма, коэффициент залесенности снижается до 40-50%; увеличивается доля пашни. Широко развит карст, встречаются сухие русла, овраги. Заболоченность мала. На малых реках сооружено много прудов.

Гидрологические показатели – средние по области. Сток преобладает над испарением или близок к нему. Чусовая – транзитная река для этого округа, и ее водомерные посты здесь отражают не только специфические черты природы самого

региона, но и верхних частей бассейна в горном округе. На местных реках – притоках Сылвы и Чусовой – мало наблюдательных постов за гидрологическим режимом водотоков, поэтому реки изучены недостаточно, несмотря на доступность и освоенность человеком их бассейнов [7].

2.1. Р. Кряжевка

Р. Кряжевка (Рис.2.2.) является левым притоком реки Чусовой. Длина реки 5,6 км, из них на участке длиной 3,5 км она протекает по территории п. Чунжино. Она берет свое начало на южном склоне горы Металлургов. Практически она образуется родником, стекающим по дну глубоко разветвленного оврага. Затем река переходит в долину жилого микрорайона Чунжино и в районе железнодорожного моста впадает в реку Чусовую. На территории водосбора р. Кряжевки есть одно проточное озеро под названием Утиное. В р. Кряжевке в 6,5 м выше устья, в 0,5 м от правого берега была взята проба (58º28' с.ш. 57º82' в.д.). Прозрачность до дна. Грунт илисто-каменистый.

Рис.2.2. Устье р. Кряжевка

2.2. Р. Мельничная

Р. Мельничная (Рис.2.3.) также является левым притоком р. Чусовой. Длина – 6,4 км. Исток находится на южной окраине города Чусового. На реке в результате сооружения плотины, был образован городской пруд, располагающийся в Парке культуры и отдыха «Ермак». Впадает р. Мельничная в р. Чусовую на территории п. Лямино. Проба была отобрана в 0,8 м от правого берега, в 10 м выше устья. (58º28' с.ш. 57º74' в.д.). Прозрачность до дна. Грунт илисто-каменистый.

В 1,65 км выше устья реки Мельничной находится п. Совхозный, в котором находится животноводческая ферма и тепличный комплекс «Пермский».

Рис. 2.3. р. Мельничная в месте впадения в р. Чусовая

2.3. Р. Архиповка

Р. Архиповка является правым притоком реки Чусовой (Рис. 2.4.). Устье реки находится в юго-восточной части города. Исток реки находится в 0,5 км на восток от железнодорожной станции Архиповка Свердловской железной дороги. В своем нижнем течении она протекает по Архиповскому логу и бежит вдоль Горнозаводской линии Свердловской железной дороги. Длина реки составляет 16 км. В 5 м выше устья, в 1,5 м от правого берега была взята проба (58º28' с.ш. 57º85' в.д). Прозрачность до дна, грунт валунно-галечный.

Рис. 2.4. В момент отбора проб р. Архиповка

Данные о морфометрии и температурном режиме представлены в таблице 2.1. Из представленной выше таблицы видно, что температура воды в водотоках достаточно низкая. В момент взятия проб 2021 года температура воздуха составляла + 32 ºС, температура воды колебалась от +10,8 ºС до +19,5 ºС и это при небольших глубине и ширине русла. Мы связываем это с высокой скоростью течения и родниковым происхождением рек. Морфометрические параметры определяются метеорологическими условиями.

Таблица 2.1.

Физические и морфометрические показатели малых рек г. Чусового

Показатели	р. Кряжевка (L= 5,6 км) (левый приток), устье			р. Мельничная (L= 6, 4 км) (левый приток), устье			р. Архиповка(L= 16км) (правый приток), устье		
	летний период		осенний период	летний период		осенний период	летний период		осенний период
	август, 2004	июль, 2021	октябрь, 2003	август, 2004	июль, 2021	октябрь, 2003	август, 2004	июль, 2021	октябрь, 2003
Температура воды, °С	+16	+16,2	+9	+15	+19,5	+9	+16	+10,8	+8
Прозрачность, м	до дна	0,15	до дна	до дна	до дна	до дна	до дна	до дна	до дна
Запах, балл	б/з	3	б/з	б/з	1	б/з	б/з	б/з	б/з
Цвет	б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	б/ц	коричневый оттенок	коричневый оттенок	коричневый оттенок
Глубина, м	0,15	0,25	0,15	0,3	0,09	0,3	0,11	0,50	0,11
Ширина, м	1,8	2,0	-	2,0	2,5	-	6,0	6,0	-

Примечание: - данные отсутствуют

3. Схема отбора проб

Ранее, а именно в 2003 и 2004 годах, исследованиями этих рек занималась учащаяся станции юных натуралистов г. Чусового Ямансарова Наталья. И мы решили выяснить, как с тех пор изменилось состояние малых рек г. Чусового. В июле 2021 года были взяты поверхностные пробы для определения химического состава воды.

Схема отбора проб представлена на рис.3.1.

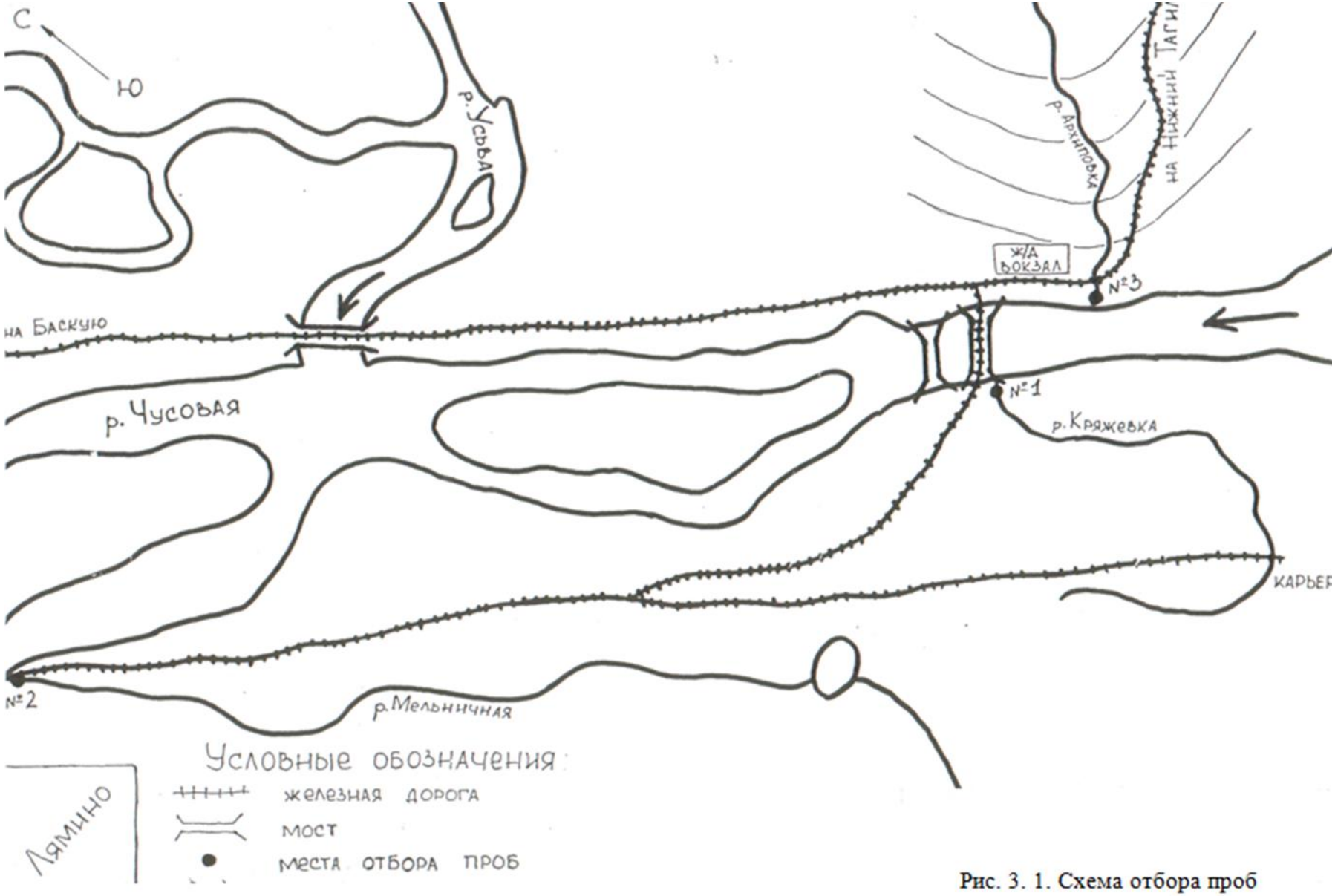

Рис. 3. 1. Схема отбора проб

4. Экспериментальная часть

4.1. Условия, объекты и методы исследования

Полевые исследования проводились 8 июля 2021 года. Температура воздуха составляла +32 ºС. Отбор проб производился в устье малых рек Кряжевка, Мельничная и Архиповка. Данные 2021 года сравнивали с результатами 2003 и 2004 г.г. [23,24].

Мы измеряли ширину и глубину при помощи размеченной рейки, так как изучаемые реки имеют незначительные размеры. Температуру воды измеряли с помощью электронного термометра марки TP101.

Были изучены органолептические показатели: цвет, запах, мутность (взвешенные вещества), прозрачность. Запах воды оценивали по 5-ти бальной шкале [2]. Прозрачность определяли с помощью диска Секки.

Химический анализ воды выполнялся согласно руководству по химическому анализу поверхностных вод суши под редакцией А. Семенова [21] на базе лаборатории МБУДО «ЦДТ «Ровесник», а также в соответствии с нормативными документами на методы исследований в химической лаборатории насосно-фильтровальной станции Усьвинского водозабора МУП «Горводоканал (Рис.4.1.). При проведении анализа воды использованы титриметрический, турбидиметрический, потенциометрический, фотоколориметрический, гравиметрический методы (методики представлены в приложении).

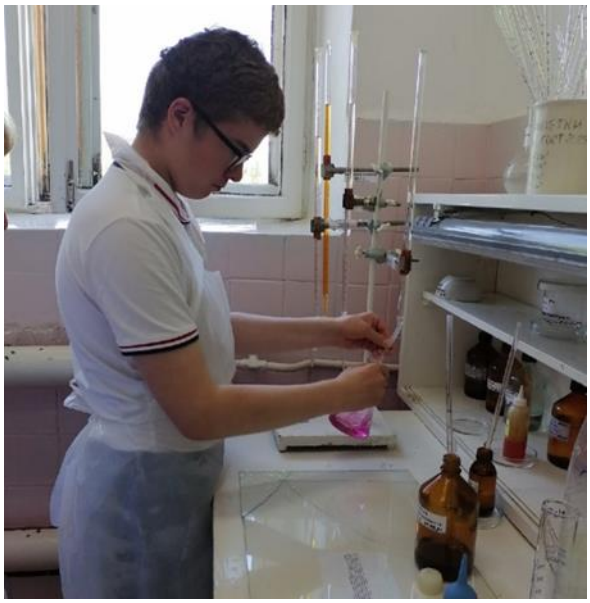

Рис. 4.1. В лаборатории насосно-фильтровальной станции

Для оценки качества сред использовались СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [22].

4.2. Оценка экологического состояния малых рек г. Чусового

Данные химического анализа проб воды представлены в таблице 4.2. Анализируя, данные представленные в этой таблице мы видим, что преобладающим анионом во всех пробах является HCO_3^-, его содержание варьирует от 110 до 244 мг/дм^3. Наибольшее их количество отмечено в пробах р. Кряжевка, что объясняется попаданием стоков ливневых вод с терриконов щебня некогда существовавшего предприятия «Каменный карьер». Такие компоненты как сульфаты и хлориды, содержатся в незначительном количестве и не превышают ПДК.

Из катионов доминирующим является ион Ca^{2+}, его содержание в различных пробах варьирует от 30,06 до 58,12 мг/дм^3. Считается, что большинство рек г. Чусового и Чусовского городского округа загрязнено ионами железа. Проведенный нами анализ показал, что ионы железа в р. Кряжевка за весь период исследований не превысили допустимых значений, в р. Архиповка, напротив, в 2003 и 2021 году превышение составило в 1,6 – 2,3 раза. Величина такого показателя pH в течение исследуемого времени не превышала ПДК, р. Мельничная имеет нейтральный характер, реки Кряжевка и Архиповка в пробах июля 2021 года показали слабощелочную реакцию среды.

Величина общей жесткости указывает на умеренную жесткость. Река Кряжевка имеет наибольшие значения показателя (в большей степени временную жесткость), что обусловлено высоким содержанием гидрокарбонатов. В целом, малые реки г. Чусового имеют среднюю степень минерализации.

О загрязнении воды свидетельствуют такие компоненты как NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-. Согласно требованиям СанПиН 1.2.3685-21 количество биогенных элементов находится в норме. Однако сравнивая полученные результаты с европейскими стандартами качества поверхностных вод, можно говорить о некотором загрязнении, так как на отличное и хорошее качество воды указывает полное отсутствие нитрат-ионов в воде. Данные реки используются местным населением в хозяйственных целях: для полива, стирки белья, мойки машин; на прибрежных участках рек Кряжевка и Мельничная производится выпас скота. Исходя из этого, мы предполагаем, что

Гидрохимический режим малых рек г. Чусового Таблица 4.2.

Показатели	р. Кряжевка (левый приток), устье			р. Мельничная (левый приток), устье			р. Архиповка (правый приток), устье			ПДК*
	октябрь 2003	август 2004	июль 2021	октябрь 2003	август 2004	июль 2021	октябрь 2003	август 2004	июль 2021	
Сухой остаток (мг/дм^3)	379,50	247,7	337,00	234,3	193,57	174,00	349,2	253,56	162,00	1500
HCO_3^- (мг/дм^3)	244,07	170,85	244,07	134,24	109,83	134,24	219,6	170,85	122,03	-
SO_4^{2-}(мг/дм^3)	27,00	12,00	37,00	25,0	20,0	< 20	25,0	4,0	< 20	500
Cl^-(мг/дм^3)	21,27	1,42	21,27	14,2	14,18	7,09	14,18	10,64	7,09	350
NO_2^-(мг/дм^3)	0,02	0,10	0,07	0,02	0,01	0,09	0,02	0,02	0,02	3,00
NO_3^-(мг/дм^3)	3,44	4,82	1,05	0,00	1,72	0,97	3,44	6,536	0,41	45
Ca^{2+}(мг/дм^3)	40,1	50,10	52,10	44,09	28,06	28,06	58,12	46,09	30,06	-
Fe (общее) (мг/дм^3)	0,3	0,1	0,3	0,5	0,2	0,4	0,5	0,1	0,7	0,3
NH_4^+ (мг/дм^3)	0,0	0,1	<0,1	0,2	0,2	<0,1	0,0	0,1	0,1	1,5
pH	7,0	6,8	8,1	7,0	6,8	7,4	7,0	6,8	7,8	6 – 9
Общая жесткость (мг-экв/дм^3)	4,80	3,20	4,70	2,60	2,20	2,30	3,80	3,00	2,20	7 -10
ХПК (мгО/дм^3)	-**	-	9,10	-	-	26,20	-	-	20,2	30
Цветность, °	-	-	40	-	-	141	-	-	154	20
Мутность (мг/дм^3)	-	-	3,30	-	-	0,30	-	-	2,20	1,5

Примечания: * - СанПиН 1.2.3685-21; ** - данные отсутствуют

загрязнения, обнаруженные при анализе, являются следствием всего выше перечисленного.

Показатель ХПК в предыдущие годы не определялся. Значения, полученные в 2021 году, не превышают пределов допустимой концентрации. Химическое потребление кислорода показывает сколько кислорода необходимо для окисления органических веществ в воде, тем самым указывая на степень загрязненности воды. Наиболее высокий уровень ХПК зафиксирован в реке Мельничная. Мы связываем это с тем, что в районе устья реки производится выпас крупного рогатого скота.

В воде исследуемых рек значительно превышены показатели цветности и мутности, что определялось при визуальном наблюдении. Результаты лабораторного исследования показали превышение цветности 2 раза (р. Кряжевка), в 7 раз (р. Мельничная), в 8 раз (р. Архиповка); мутность в реках Кряжевка и Архиповка превышена в 1,5 – 2 раза.

Так как эти реки являются притоками р. Чусовой, они влияют на ее гидрохимический режим. И тем самым, жители, загрязняя малые реки своего города, загрязняют и главную водную артерию нашего района.

Выводы

1. Исследуемые реки Кряжевка, Мельничная и Архиповка относятся к бассейну р. Чусовая и входят в состав Нижнечусовского гидрологического округа.

2. Исследуемые реки имеют незначительные показатели глубины и ширины, величина которых определяется метеорологическими условиями.

3. Температура воды достаточно низкая, что связано с большой скоростью течения и родниковым происхождением.

4. Преобладающим анионом в пробах является гидрокарбонат-ион, среди катионов доминируют ион кальция, что определяется геологическими условиями местности.

5. Вода в малых реках умеренно-жесткая.

6. По показателям цветности, мутности и содержания ионов железа вода исследуемых рек не соответствует действующим нормативам качества вод.

7. Динамика показателей гидрохимического режима за весь период исследований стабильна и указывает на наличие умеренных загрязнений.

Список источников

1) Алекин, О. А. Общая гидрохимия/ О. А. Алекин ; Ленинград: Гидрометеоиздат, 1948. – 208 с.
2) Водные объекты и их роль в оформлении экологической обстановки города Перми (приложение). – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. – 44 с.
3) ГОСТ 17.1.1.01-77 Классификация водных объектов : Межгосударственный стандарт : 1978-07-01 / Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.-ИПК Издательство стандартов Москва 1974-8 с.
4) ГОСТ 18164-72 Вода питьевая Метод определения содержания сухого остатка : Межгосударственный стандарт : 1974-01-01 / Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.-ИПК Издательство стандартов Москва 1974-4 с.
5) ГОСТ 4011-72 Вода питьевая Методы измерения массовой концентрации общего железа : Межгосударственный стандарт : 1974-01-01 / Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.-ИПК Издательство стандартов Москва 1974-8 с.
6) ГОСТ 4245-72 Вода питьевая Методы определения содержания хлоридов : Межгосударственный стандарт : 1974-01-01 / Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР.-ИПК Издательство стандартов. Москва 1974-6 с.
7) Комлев, А. М. Реки Пермской области: Режим, ресурсы, прогнозы, проблемы/ А. М. Комлев, Е.А. Черных. - Пермь: Кн изд-во, 1984. – 214 с.
8) Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов специальности 280302 «Комплексное использование и охрана водных ресурсов». – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – 107 с.
9) Михайлов, В.Н. Гидрология: учебник для вузов. 2-е изд. испр./ В. Н. Михайлов, А.Д. Добровольский, С.А. Добролюбов; Москва: Высшая школа. 2007. - 463 с.
10) Оборин, М.С. Проблемы экологии, охраны природы и природопользования: сб. науч. тр./ М.С. Оборин, Т.П. Девяткова, Г.А. Воронов; Пермь: Перм. ун-т., 2006. – 326 с.
11) Онлайн библиотека Lit-Ra. Su.: [сайт]. – URL: https://lit-ra.su/elena-evseeva/ (дата обращения: 23.02.2022).
12) Пименова, Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов: учебное пособие/ Е. В. Пименова - Пермь: Из-во ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. - 153 с.
13) ПНД Ф 14.1:2.4-95. Методика измерений массовой концентрации нитрат – ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой : федеральная служба по надзору в сфере природопользования : дата введения

2011-03-20 / Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. – Москва 2011.-18 с.

14) ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Методические рекомендации по применению методики измерений pH проб вод потенциометрическим методом : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : дата введения 2019-02-18 / Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное.- Москва 2019.-26 с.
15) ПНД Ф 14.1:2:4.207-04. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений цветности питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом : Министерство природных ресурсов Российской Федерации : дата введения 2004-04-25 / Федеральный научно-методический центр анализа и мониторинга окружающей среды МПР России. – Изд. Официальное.- Москва 2004.-14 с.
16) ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005 Методика измерений химического потребления кислорода (ХПК) в пробах питьевых, природных и сточных вод фотометрическим методом : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : 2013-06-01 / Федеральный центр надзора и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. Москва 2013-15 с.
17) ПНД Ф 14.1:2:4.213-05 Методика выполнения измерений мутности питьевых, природных и сточных вод турбидиметрическим методом по каолину и по формазину : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : 2005-07-27 / Федеральный центр надзора и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. Москва 2005-17 с.
18) ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009 Методика измерения массовых концентраций взвешенных веществ и прокаленных взвешенных веществ в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : 2013-06-01 / Федеральный центр надзора и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. Москва 2012-14 с.
19) ПНД Ф 14.1:2:4.262-10. Методика измерения массовой концентрации ионов аммония в питьевых поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрических методом с реактивом Несслера : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : 2010-06-15 / Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. Москва 2010-26 с.
20) ПНД Ф 14.1:2:4.3-95. Методика измерений массовой концентрации нитрит – ионов в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса : Федеральная служба по надзору в сфере природопользования : дата введения

2011-03-15 / Федеральный центр анализа и оценки техногенного воздействия. – Изд. Официальное. Москва 2011-22 с.

21) Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши/ под ред. А.Д. Семенова; Ленинград: Гидрометеоиздат, 1977. - 541 с.

22) СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания": Постановление главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года N 2 – Текст: электронный // Электронный фонд нормативно-технической и нормативно-правовой информации Консорциума «Кодекс». – URL: https://docs.cntd.ru/document/573500115 (дата обращения: 10.02.2021).

23) Ямансарова, Н. Малые реки/ Н. Ямансарова; Чусовой, 2004. – 25 с.

24) Ямансарова, Н. Малые реки/ Н. Ямансарова; Чусовой, 2005. – 30 с.

Приложение

Методики химического анализа

Цветность (ПНД Ф 14.1:2:4.207-04) [15]

Исследуемую пробу помещают в кювету с толщиной оптического слоя 50 мм и снимают показания прибора (λ=413 нм) по отношению к дистиллированной воде. Величину цветности определяют по градуировочному графику.

При анализе проб выполняют не менее двух параллельных определений.

За результат измерения цветности принимают среднее арифметическое двух параллельных определений X_1 и X_2

$$X = \frac{X_1 - X_2}{2}$$

pH (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97) [14]

Электроды промывают дистиллированной водой, обмывают исследуемой водой, погружают в стакан с анализируемой пробой. При этом шарик стеклянного измерительного электрода должен быть погружен на глубину 5 – 6 мм. Одновременно в стакан погружают термокомпенсатор. Электроды не должны касаться стенок стакана. Отсчет величины pH по шкале прибора проводится, когда показания прибора не будут изменяться более чем на 0,2 ед. pH в течение одной минуты. Через минуту повторяется измерение. Если измерения отличаются более чем на 0,2 ед. pH, проводятся повторные измерения.

За результат анализа принимается среднее арифметическое значение двух результатов параллельных определений X_1 и X_2:

$$X = \frac{X_1 - X_2}{2}$$

Нитраты (ПНД Ф 14.1:2.4-95) [13]

10 см^3 пробы переносят в фарфоровые чашки, добавляют 2 см^3 раствора салициловой кислоты, помещают на водяную баню, вытирают досуха и охлаждают, после чего добавляют 2 см^3 концентрированной серной кислоты, выдерживают 10 минут, добавляют 15 см^3 дистиллированной воды, 15 см^3 раствора гидроксида натрия и сегнетовой соли. Полученный раствор вносят в колбу на 50 см^3, охлаждают в холодной воде до комнатной температуры, доводят объем до метки дистиллированной водой, перемешивают. Проводят фотометрический анализ.

$$\mathrm{C} = \frac{Dp - 0{,}00062}{0{,}0736}$$

Dp - показания КФК

$\mathrm{X} = \mathrm{C} \cdot \mathrm{K}$,

К – коэффициент разбавления

Нитриты (ПНД Ф 14.1:2:4.3-95) [20]

Отфильтрованную пробу воды доводят до 50 см^3 дистиллированной водой, добавляют 2 см^3 раствора реактива Грисса, перемешивают, через 40 минут измеряют оптическую плотность КФК.

$$C = \frac{Dp - 0{,}0019}{0{,}8206}$$

Dp- показания КФК

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}$$

V- объем пробы, взятой для анализа

Ионы аммония (ПНД Ф 14.1:2:4.262-10) [19]

Отфильтрованную пробу воды довести до 50 см^3 дистиллированной водой, добавить 1 см^3 сегнетовой соли и 1 см^3 реактива Несслера и перемешать. Через 10 минут измерить оптическую плотность КФК.

$$C = \frac{Dp - 0{,}0019}{0{,}8206}$$

Dp- показания КФК

$$X = \frac{C \cdot 50}{V}$$

V- объем пробы, взятой для анализа

ХПК (ПНД Ф 14.1:2:4.210-2005) [16]

В стаканчике отвешивают (49,03 ± 0,01) г предварительно высушенного в течение 2 часов при температуре (105 ± 5) °С бихромата калия, растворяют в небольшом количестве дистиллированной воды и количественно переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см^3. Объем раствора в колбе доводят до метки дистиллированной водой.

В стаканчике отвешивают (13,0 ± 0,1) г сернокислого серебра, осторожно растворяют в (20 - 25) см^3 концентрированной серной кислоты, раствор количественно переносят в мерную колбу вместимостью 1000 см^3 и доводят объем раствора до метки концентрированной серной кислотой.

В мерную колбу вместимостью 100 см^3 пипеткой переносят 10 см^3 раствора ГСО со значением ХПК 10000 мг/дм3 и доводят объем раствора дистиллированной водой до метки.

В кювету пипеткой или дозатором вносят 2 см^3 тщательно перемешанной анализируемой пробы, 0,5 см^3 раствора бихромата калия, 3 см^3 раствора сернокислого серебра в серной кислоте, добавляют шпателем приблизительно (0,04 - 0,06) г сернокислой ртути. Кюветы с градуировочными растворами и холостыми пробами плотно завинчивают резьбовыми пробками, несколько раз переворачивают для перемешивания содержимого кюветы и помещают для окисления в реактор ХПК, предварительно нагретый до температуры (150 ± 5) °С. Через два часа с момента загрузки реактор отключают, охлаждают в течение приблизительно 20 минут. Кюветы вынимают из реактора пока они ещё горячие, соблюдая меры предосторожности, и перемешивают переворачиванием дважды. Ставят кюветы в штатив и охлаждают до температуры окружающей среды.

$$Cm = \frac{0{,}025 * 5}{Vm}$$

Cm– молярная концентрация эквивалента соли Мора

Vm – объем раствора сои Мора, пошедший на титрование, см^3

$$X = \frac{(V\text{хол} - V\text{пр}) * Cm * 1000}{Va}$$

Va- объем пробы воды, взятой для анализа, см^3

Vхол – объем р-ра соли Мора, израсходованный на титрование холостого опыта, см^3

Vпр –объем р-ра соли Мора, израсходованный на титрование пробы, см^3

Взвешенные вещества (ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009) [18]

Фильтры промываются 250 см^3 дистиллированной водой и подсушиваются досуха на воздухе, помещаются в сложенном виде в маркированный бюкс и сушатся в сушильном шкафу при (105 ± 2) °С с открытой крышкой не менее 2,5 часов.

Затем закрыть бюкс крышкой, охладить в эксикаторе и взвесить на аналитических весах. Повторить процедуру сушки, с выдержками в сушильном шкафу по 30 минут до тех пор, пока разница между двумя последними результатами взвешивания не будет превышать 0,5 мг.

200 см^3 исследуемой пробы пропустить через подготовленный фильтр. Бумажный фильтр с осадком трижды промыть дистиллированной водой порциями по 10 см^3. Фильтр подсушить на воздухе 2,5 часа и поместить в бокс, где проводилось

предварительное взвешивание. (Подготовка фильтров к анализу) Бумажный фильтр просушить в течение 4 часов в сушильном шкафу при (105 ± 2) °С. Фильтр охладить вместе с бюксом в эксикаторе и взвесить. Повторить процедуру сушки до тех пор, пока разница между двумя последними результатами взвешиваниями не будет превышать 0,5 мг.

$$X = \frac{(m_1 - m_2) * 1000}{V}$$

m_1 – масса бюкса с подготовленным бумажным фильтром

m_2 – масса бюкса с мембранным фильтром со взвешенными веществами

V – объем пробы воды, взятой для анализа, дм^3.

Хлориды (ПНД Ф 14.1:2.96-97) [6]

К 50 мл исследуемой воды добавить 10 капель 10%-ного раствора K_2CrO_4 и титровать 0,1 н. раствором нитрата серебра, до приобретения раствором бурого цвета.

X= (V1-V2)×2

V1 – начальный объем

V2 – конечный объем

Сухой остаток (ГОСТ 18164-72) [4]

250-500 см^3 профильтрованной исследуемой пробы выпаривать в предварительно высушенной до постоянной массы фарфоровой чашке (Выпаривать на водяной бане с dist H_2O).

Чашку поместить в термостат при t = 110ºС и сушить до постоянной массы.

Общая жесткость (ПНД Ф 14.1:2.98-97) [21]

К 10 см^3 исследуемой воды добавить 0,5 см^3 буферного раствора и индикатор. Титровать раствором трилона Б до перехода окраски в голубую. По величине, израсходованной на титрование, выбирают соответствующий объем. Если израсходовано менее 2 см^3 трилона Б, то рекомендуемый объем пробы – 100 см^3, если 2-4 см^3 трилона Б, то 50 см^3 пробы, если 4-8 см^3 трилона Б, то 25см^3 пробы, если более 8 см^3 трилона Б, то 10 см^3 пробы. После оценочного титрования отмерить необходимый объем пробы, если необходимо, довести до 100 см^3 дистиллированной воды. Внести 5 см^3 буферного раствора и 5-7 капель индикатора. Перемешать и титровать раствором трилона Б до перехода окраски из красно – фиолетовой в голубую.