

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Обнинский институт атомной энергетики –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

Отделение ядерной физики и технологий

**Выпускная квалификационная работа -
дипломный проект (дипломная работа)**

по специальности: 14.05.02 «Атомные станции: проектирование,
эксплуатация и инжиниринг»

Специализация: «Проектирование и эксплуатация атомных станций»

**«Радиоэкологический мониторинг поверхностных вод и донных отложений
вблизи радиационно опасного объекта НИФХИ им.Л.Я.Карпова (г.Обнинск)»**

Выполнил:

студент гр. АЭС2 – С14

(подпись, дата)

Учар Абдуллах

Руководитель ВКР,

доцент ОЯФиТ (О), к.х.н.

(подпись, дата)

Мельникова Т.В.

Нормоконтроль

(подпись, дата)

Чистозвонова Е.А.

Выпускная квалификационная
работа допущена к защите

(№ протокола, дата заседания
комиссии)

Руководитель

образовательной программы
14.05.02 «Атомные станции:
проектирование, эксплуатация
и инжиниринг», доктор
технических наук,
профессор

(подпись, дата)

Лескин С.Т.

Обнинск, 2020 г.

РЕФЕРАТ

Работа 78 с., 20 табл., 26 рис., 20 источников.

РАДИОЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ, РАДИАЦИОННО ОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ СНЕГА, ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ, ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРИД-ИОНОВ, ЖЕЛЕЗА, МЕДИ И РАДИОНУКЛИДОВ.

Объектом исследования являются компоненты водных экосистем (вода, донные отложения) и снег в районе размещения старейшего предприятия г. Обнинска, входящего в состав Госкорпорации «Росатом» – АО "НИФХИ им.Л.Я. Карпова", на территории которого расположен исследовательский ядерный реактор ВВР-ц.

Предмет исследования – оценка радиоактивного и химического загрязнения окружающей среды в результате деятельности радиационно опасного объекта.

Цель работы – радиоэкологический мониторинг территории вблизи НИФХИ им. Л.Я. Карпова (г. Обнинск) для оценки радиоактивного и химического загрязнения окружающей среды в результате научной и производственной деятельности предприятия.

Актуальность данной работы связана с оценкой радиоэкологической безопасности функционирования типовых ядерно и радиационно опасных предприятий, а также совершенствованием рекомендации по радиоэкологической диагностике и мониторингу окружающей среды в зоне влияния ЯРОО.

Практическая значимость проведенных исследований позволит сформировать для общества приемлемость деятельности по использованию атомной энергии, в том числе в неэнергетических направлениях. Результаты исследования будут внедрены в образовательный процесс Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» и доведены до населения региона посредством средств массовой информации.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	5
1.1 ХАРАКТЕРИСТИКА РАДИАЦИОННО ОПАСНОГО ОБЪЕКТА НИФХИ им.Л.Я. КАРПОВА, Г. ОБНИНСК	5
1.2 ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ В РЕЗУЛЬТАТЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ НИФХИ им.Л.Я. КАРПОВА (Г. ОБНИНСК).....	7
1.2.1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ОСНОВНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ____	7
1.2.2 ИСТОЧНИКИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ НА РОО _____	8
1.2.3 СБРОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ С ТЕРРИТОРИЮ РОО _____	9
1.2.4 ТОКСИЧНОСТЬ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ЧЕЛОВЕКА _____	16
1.3 ЗАГРЯЗНЕНИЕ РОО ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РАДИОНУКЛИДАМИ.....	20
1.3.1 СБРОС ЖИДКИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НИФХИ им. Л.Я. КАРПОВА ____	20
1.3.2 ВЫБРОС РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ НИФХИ им. Л.Я. КАРПОВА _____	21
1.3.3 ХРАНЕНИЕ ТВЁРДЫХ НЕГОРЮЧИХ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ НИФХИ им. Л.Я. КАРПОВА _____	21
1.3.4 ТОКСИЧНОСТЬ РАДИОАКТИВНЫХ ОТХОДОВ _____	22
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ	24
2.1 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ	24
2.2 ВРЕМЯ ОТБОРА ПРОБ И ИХ ЛОКАЛИЗАЦИЯ	24
2.3 МЕТОДЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЯ.....	28
2.3.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРИД-ИОНОВ В ВОДЕ И СНЕЖНОМ ПОКРОВЕ _____	28
2.3.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРИД-ИОНОВ В ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ _____	30
2.3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ (РН) _____	33

2.3.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ	35
2.3.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ, ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ	36
2.4 МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ.....	37
ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	40
3.1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГА, ВОДЫ, ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ.....	40
3.1.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ (РН) В ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ	40
3.1.2 ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЩЕЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ ВОДЫ	45
3.1.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХЛОРИД-ИОНОВ В ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ	47
3.1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА В ВОДЕ И СНЕГЕ	52
3.1.5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕДИ В ИССЛЕДУЕМЫХ ОБЪЕКТАХ	55
3.2 РЕЗУЛЬТАТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СНЕГА, ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ.....	59
3.3 ГОДОВАЯ И СЕЗОННАЯ ДИНАМИКА ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И РАДИОНУКЛИДОВ	64
3.3.1 ХЛОРИД-ИОНЫ	64
3.3.2 ОБЩЕЕ ЖЕЛЕЗО	68
3.3.3 МЕДЬ	69
3.3.4 РАДИОНУКЛИДЫ	72
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	74
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	76

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

pH-Водородной показатели

АЭС-Атомная электростанция

ВВРц-Исследовательский водо-водяной ядерный реактор бассейнового
типа

ДО-Донные отложения

ЖРО-Жидкий радиоактивные отход

ОС-Окружающие среды

ОСПОРБ-Основные санитарные правила обеспечения радиационной
безопасности

ПДК-Предельно допустимая концентрация

РАО-Радиоактивный отход

РОО-Радиационной опасный объект

РФП-Радиофармпрепаратов

СЗЗ-Санитарная защитная зона

СПАВ-Синтетические поверхностно-активные вещества

ТРО-Твёрдый негорючий радиоактивный отход

ЯРОО-Ядерно и радиационно опасные объекты

ВВЕДЕНИЕ

При работе радиационно опасных объектов, как и при эксплуатации других промышленных предприятий, неизбежно происходит поступление некоторого количества техногенных поллютантов в природную среду. В том числе, в отдельных случаях наблюдается утечка радионуклидов и их вовлечение в биогеохимические циклы. Существующие системы производственного экологического контроля и мониторинга радиационной обстановки отслеживают ограниченное количество факторов; при этом игнорируется смешанный характер и сложная природа загрязнений, возможность трансформации их физико-химических свойств и повреждающей способности для компонентов экосистемы. В последнее время внимание к экологической безопасности атомной энергетики и промышленности увеличивается, в том числе в связи с продолжающейся эксплуатацией предприятий атомной отрасли, созданных в середине прошлого века, выработкой их проектных сроков службы и подготовкой к выведению из эксплуатации. Актуальность радиоэкологических исследований для инженерной отрасли связана с необходимостью совершенствования систем экологической безопасности, что требует, в частности, широких фундаментальных исследований механизмов, процессов и факторов, регулирующих поведение радионуклидов и химических загрязнителей в естественных экосистемах, их воздействия на компоненты биоценозов и вовлеченность в трофические цепочки.

Целью настоящей работы является радиоэкологический мониторинг поверхностных вод, донных отложений и снега в зоне влияния, длительно функционирующего радиационно опасного предприятия (на примере АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова»)

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- Оценить значения водородного показателя в снежном покрове, воде и донных отложениях, а также общую минерализацию поверхностных вод вблизи НИФХИ;
- Определить содержание химических загрязнителей (хлорид-ионов, меди, железа) в исследуемых объектах;
- Определить удельную активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в компонентах водных экосистем и снеге;
- Провести анализ сезонной и годовой динамики химических загрязнителей и радионуклидов по данным радиоэкологического мониторинга за период 2018-2019 гг.



ГЛАВА 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Характеристика радиационно опасного объекта НИФХИ им.Л.Я. Карпова, г. Обнинск

Возникновение филиала НИФХИ им. Л.Я. Карпова (ныне составной части Государственного научного центра Российской Федерации – Научно-исследовательского физико-химического института им. Л.Я. Карпова) является прямым следствием открытия радиоактивности, хотя между этими двумя событиями и прошло 63 года.

Предприятие было образовано решением Правительства в 1959 году, в романтическую эпоху освоения ядерной энергии и поиска возможностей ее использования в различных областях науки, техники и промышленного производства. Основная идея, которой руководствовались создатели нашего предприятия, а среди них были такие выдающиеся ученые и организаторы науки как И.В. Курчатов, А.П. Александров, Я.М. Колотыркин, И.В. Петрянов-Соколов, заключалась в исследовании и разработке возможностей использования энергии ионизирующих излучений в химии и химической промышленности. Это обусловило создание радиационно-химического центра страны и определило как его структуру, так и стратегические направления научных исследований. Таким центром и стал Обнинский филиал НИФХИ.

Полномасштабные исследования в филиале НИФХИ начались с пуском в эксплуатацию в 1962 году мощных кобальтовых гамма-установок и в 1964 году исследовательского ядерного реактора ВВР-ц. К этому времени окончательно сформировался научный коллектив филиала НИФХИ, перед которым были поставлены следующие задачи:

- исследование механизма взаимодействия ионизирующих излучений с веществом;
- создание теоретических основ химии высоких энергий;

- исследование структуры конденсированных сред с использованием нейтронографии рентгеноструктурного анализа, электронографии;
- разработка научных основ радиационного и космического материаловедения органических и неорганических соединений;
- разработка с использованием ускорителей электронов и гамма установок, технологий радиационного синтеза и модифицирования химических соединений, включая полимерные и композиционные системы, фильтрующие ионообменные и адсорбционные материалы, в том числе материалы специального назначения;
- разработка с использованием ядерного реактора технологий производства легированных полупроводников, сегнетоэлектриков, окрашенных полудрагоценных минералов, ядерно-химических технологий производства радиофармацевтических препаратов диагностического и терапевтического назначения.

В настоящее время филиал НИФХИ проводит фундаментальные исследования и разработки по:

- созданию широкого спектра диагностических и терапевтических радиофармацевтических препаратов (РФП);
- усовершенствованию радиохимической технологии производства РФП;
- усовершенствованию ядерно-физических технологий легирования полупроводников;
- созданию радиационно-модифицированных, радиационно-сшитых веществ и материалов и технологии их производства;
- радиационной физике и материаловедению сегнетоэлектриков, полупроводников и стекол;
- нейтронографии и динамике кристаллов различных классов.

1.2 Загрязнение окружающей среды химическими веществами в результате функционирования НИФХИ им.Л.Я. Карпова (г. Обнинск)

1.2.1 Физико-химические свойства основных загрязняющих веществ

1.2.1.1 Хлор

При нормальных условиях хлор жёлто-зелёный газ с удушающим запахом. Газообразный хлор относительно легко сжижается. При охлаждении до температуры в $-34\text{ }^{\circ}\text{C}$ хлор тоже становится жидким при нормальном атмосферном давлении. Жидкий хлор жёлто-зелёная жидкость, обладающая очень высоким коррозионным действием.

На валентном уровне атома хлора содержится 1 неспаренный электрон: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$, поэтому валентность, равная 1 для атома хлора, очень стабильна. За счёт присутствия в атоме хлора незанятой орбитали d-подуровня атом хлора может проявлять и другие степени окисления. Взаимодействие хлора с простыми веществами Cl выступает в роли сильного окислителя.

1.2.1.2 Железо

Железо-типичный металл в свободном состоянии серебристо-белого цвета с сероватым оттенком. Чистый металл-пластик, различные примеси (особенно углерод) повышают его твердость и хрупкость. Он обладает выраженными магнитными свойствами. Три группы металлов (железо Fe, кобальт Co, никель Ni) с аналогичными физическими свойствами, атомными радиусами и значениями электроотрицательности — часто называют «триадой железа».

Для железа наиболее характерны степени окисления +2 и +3. Степень окисления +2 соответствует черному оксиду FeO и зеленому гидроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_2$. Они имеют основной характер. В солях Fe^{+2} содержится в виде катиона. Fe^{+2} является слабым восстановителем. Степень окисления +3 соответствует красно-коричневому оксиду Fe_2O_3 и коричневому гидроксиду $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Хотя они кислые, они амфотерные, и их основные свойства слабо выражены. Таким

образом, ионы Fe^{+3} гидролизуются даже в кислой среде. $\text{Fe}(\text{OH})_3$ растворим (а затем не полностью), только в концентрированных щелочах. Fe_2O_3 реагирует только с щелочами во время слияния, давая ферриты (формальные соли, которые не присутствуют в свободной кислоте HFeO_2)

1.2.1.3 Медь

Медь, золотисто-розовый пластичный металл, на воздухе быстро покрывается оксидной плёнкой, которая придаёт ей характерный интенсивный желтовато-красный оттенок. Тонкие плёнки меди на просвет имеют зеленовато-голубой цвет.

В соединениях медь проявляет две степени окисления: +1 и +2. Первая из них склонна к диспропорционированию и устойчива только в нерастворимых соединениях (Cu_2O , CuCl , CuI и т. п.) или комплексах (например, $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_2]^2$). Её соединения бесцветны. Более устойчива степень окисления +2, которая даёт соли синего и сине-зелёного цвета. В необычных условиях и комплексах можно получить соединения со степенью окисления +3, +4 и даже +5.

1.2.2 Источники загрязняющих веществ на РОО

ФГУП «НИФХИ им. Л. Я. Карпова» находится в подчинении Государственной Корпорации РОСАТОМ, является научно-исследовательским институтом и осуществляет исследования и технологические разработки в следующих областях науки и техники: радиационная химия, тонкий органический синтез, физическая химия аэрозолей, радиационное, реакторное и космическое материаловедение, радиационная физика твердого тела, промышленная экология. Предприятие имеет экспериментально-исследовательский комплекс, который включает исследовательский атомный реактор типа ВВР-ц, ускорители электронов, кобальтовые установки.

На площадке предприятия расположены химико-лабораторный корпус, физический корпус, технологический корпус, экспериментально-производственные участки, котельная, автотранспортный цех.

Синтез радиофармпрепаратов (РФП) осуществляется с использованием следующих веществ: бензол, амиды, амины, ацетон, эфир, хлороформ, уксусная кислота и др. Технологический процесс сводится к следующим операциям: этерификация, галогенирование, восстановление, аминирование, конденсация. Отходами технологического процесса являются водные растворы органических соединений. В результате деятельности санитарной лаборатории предприятия по контролю за качественным и количественным составом сточных, природных и питьевой вод, воздуха рабочей зоны и выбросов загрязняющих веществ в атмосферу образуются незначительные количества отхода водорастворимых органических кислот.

Акрилатные латексы представляют собой водную дисперсию сшитого сополимера бутилакрилата, акрилонитрила метакриловой кислоты и винилацетата. Процесс изготовления латекса состоит из нескольких стадий, в результате чего отрабатывается технология получения и на опытных партиях проводятся испытания по применению в различных областях техники и легкой промышленности.

Изготовление радиационно-сшитого пенополиэтилена основано на создании в процессе радиационного воздействия на полиэтилен пространственной сетки в его структуре, которая удерживает в объеме полимера газ, образующийся при разложении порофора под действием высокой температуры. Готовым изделием является листовой пенополиэтилен.

1.2.3 Сброс загрязняющих веществ с территорию РОО

Отвод сточных вод от объектов промплощадки осуществляется по двум канализационным системам. Производственно-ливневые сточные воды поступают по трубопроводу одним выпуском в пруды-отстойники без очистки.

Объем производственно-ливневых 2018 году 161,88 тыс. м³. Хозфекальные стоки от зданий отводятся по канализационным сетям для последующей очистки на очистные сооружения сторонней организации. Объем хозфекальных стоков – 132,85 тыс. м³. Предприятие не производит сброса сточных вод в поверхностные водные объекты.

В таблице 1 представлены показатели качества сточных производственно-ливневых вод. В таблице 1 также указан список химических отходов, выделяемых из РОО в окружающую среду, и общее количество отходов в 2018 году с класс опасности. Из того, что мы видим в таблице, распространение отходов в окружающую среду не превышает предельных значений.

Таблица 1 - Показатели качества сточных производственно-ливневых вод за 2018

№ п/п	Наименование загрязняющих веществ	Класс опасности	ПДК* мг/дм ³	Фактический сброс в 2018 г.	
				мг/дм ³	т/год
1	Fe _{общ.}	3	0,1	0,1	0,016
2	Cr _{общ.}	3	0,09	0,03	0,0048
3	Zn	3	0,01	0,004	0,0006
4	Cu	3	0,005	0,005	0,0016
5	Ni	3	0,01	0,01	0,0024
6	Азот аммоний	3	0,5	0,5	0,081
7	Нитриты	2	0,08	0,08	0,025
8	Нитраты	3	40	0,564	0,091
9	Хлориды	4	300	74,36	12,04
10	Сульфаты	4	100	59,62	9,65
11	Взвеш. в-ва	-	30	9,75	1,58
12	Фенолы	4	0,001	0,001	0,0002
13	СПАВ	4	0,115	0,015	0,0024
14	Ортофосфаты	3	0,05	0,05	0,008
15	Нефтепродукты	3	0,05	0,04	0,0065
16	Минерализация	-	1000	594,02	96,16
17	ph	-	-	8,03	-

Источник: АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова».

Отчет по экологической безопасности за 2018 год/ г

*в соответствии с Приказом Минсельхоза РФ от 13.12.2016 № 522

В таблице 2 также указано количество химических отходов, выделяемых из объекта с 2012 по 2017 год. В целом за годы распространения химических веществ не так много различий.

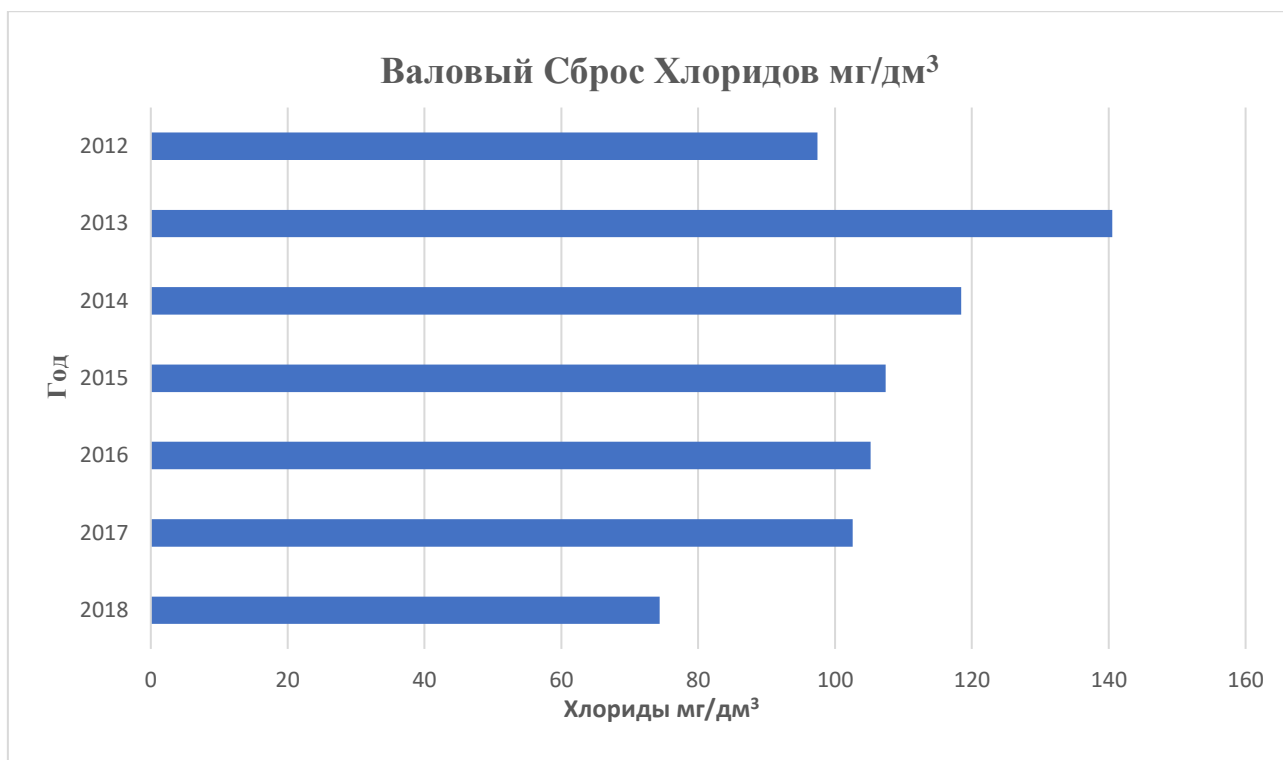
Таблица 2 - Показатели качества валового сброса ВХВ от 2012 году до 2017 года

№	Наименование загрязняющих веществ	Валовый сброс ВХВ мг/дм ³					
		2017	2016	2015	2014	2013	2012
1	Fe _{общ.}	0,089	0,131	0,111	0,0915	0,1	0,097
2	Cr _{общ.}	0,031	0,03	0,0002	0	0,01	0,014
3	Zn	0,004	0,007	0,0268	0,0066	0,01	0,01
4	Cu	0,01	0,01	0,0032	0,0021	0,003	0,0088
5	Ni	0,015	0,015	0,0096	0,01	0,01	0,01
6	Азот аммоний	0,632	0,263	0,383	0,476	0,277	0,141
7	Нитриты	0,209	0,03	0,0467	0,0162	0,028	0,024
8	Нитраты	0,992	0,474	9,04	2,02	0,219	0,342
9	Хлориды	102,56	105,18	107,38	118,45	140,5	97,45
10	Сульфаты	62,55	54,12	57,53	57,57	52,8	67,67
11	Взвеш. в-ва	8,03	7,71	7,54	11,38	9,89	7,66
12	Фенолы	0,0014	0,002	0,0005	0	0	0
13	СПАВ	0,015	0,087	0,1085	0,096	0,048	0,093
14	Ортофосфаты	0,091	0,051	0,0392	0,071	0,064	0,091
15	Нефтепродукты	0,04	0,04	0,035	0,04	0,04	0,04
16	Минерализация	646,2	432,84	454,5	550	512	480
17	ph	8,41	8,21	8,16	-	-	-

Источник: АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова».

Отчет по экологической безопасности за 2018 год/ г

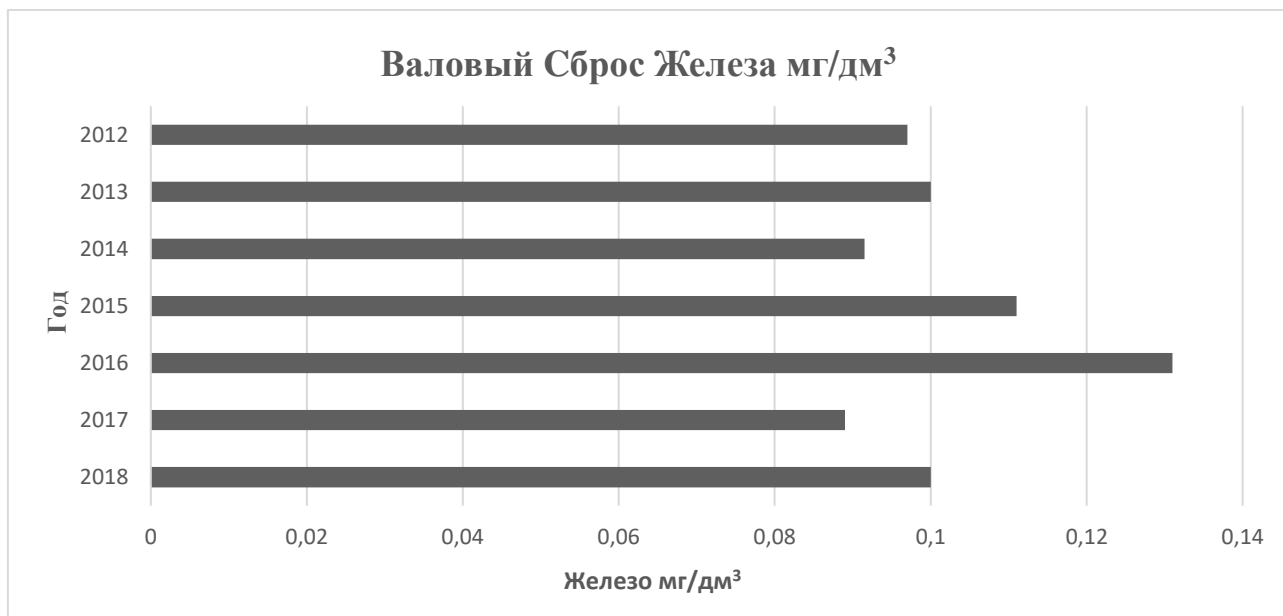
На рисунке 1 показаны сбросы хлорид-ионов с территории РОО в окружающую среду в период с 2012 года по 2018 год. Согласно представленным данным самый высокий сброс приходится на 2013 год, а самый низкий - на 2018 год.



Источник: собственная разработка

Рисунок 1 - Показатели качества валового сброса хлоридов с 2012 года по 2018 год

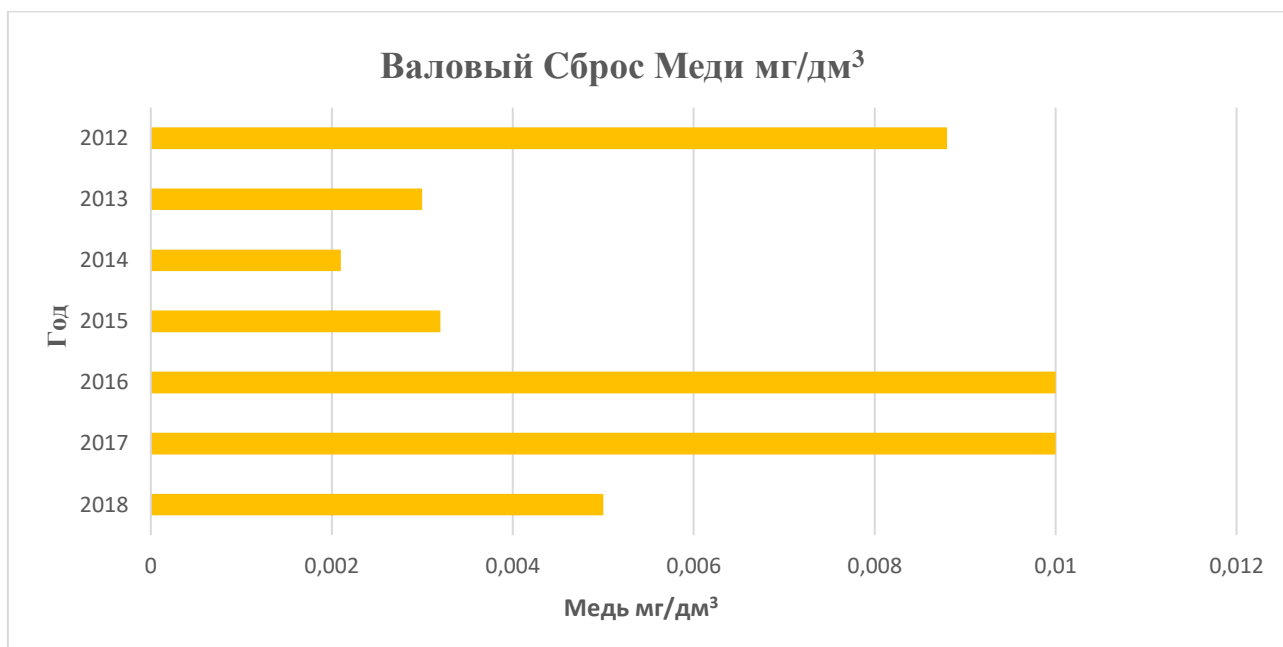
На рисунке 2 представлен валовый сброс железа с исследуемого объекта в окружающую среду с 2012 года. Как видно из рисунка 2 самый высокий сброс железа произошел в 2016 году, а самый низкий сброс в 2017 году.



Источник: собственная разработка

Рисунок 2 - Показатели качества валового сброса железа с 2012 года по 2018 год

На рисунке 3 представлены значения валового сброса меди с территории функционирующего РОО в окружающую среду в период 2012-2018 гг. Самый высокий сброс произошел в 2016 и 2017 году, а самый низкий сброс в 2014 году.



Источник: собственная разработка

Рисунок 3 - Показатели качества валового сброса меди с 2012 года по 2018 год

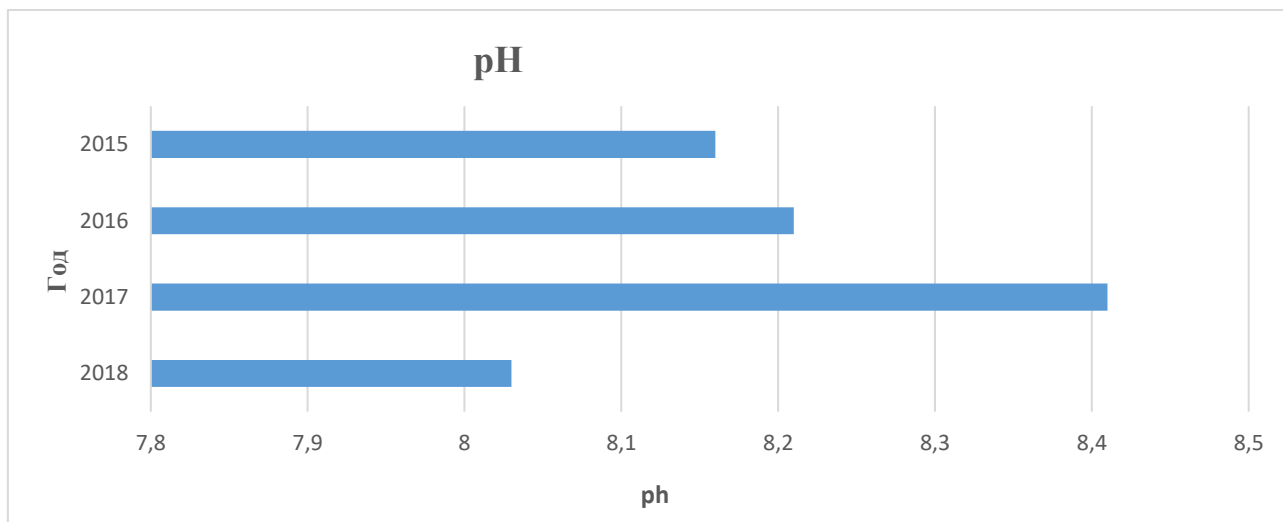
На рисунке 4 показано минерализация сточных вод из РОО в окружающую среду с 2012 года. Самая высокая минерализация приходится на 2017 год, а самая низкая на 2016 год.



Источник: собственная разработка

Рисунок 4 - Общая минерализация сточных вод с 2012 года по 2018 год

На рисунке 5 также показаны значения рН воды, сброшенной в окружающую среду с 2015 года. Самое высокое значение рН измеряется в 2017 году, а самое низкое значение измеряется в 2018 году.



Источник: собственная разработка

Рисунок 5 - рН сточных вод с 2015 года по 2018 год

1.2.4 Токсичность загрязняющих веществ для окружающей среды и человека

1.2.4.1 Хлор

Европейской части Российской Федерации хлориды содержатся в среднем в концентрации 6,5 мг/л. Значительные количества хлорид-ионов поступают в водоемы с поверхностным стоком, так как соединения хлора входят в состав многих удобрений, используемых в сельском хозяйстве, а также широко применяются как средства борьбы с гололедом на тротуарах и дорогах. Хлориды содержатся в бытовых сточных водах, а также в сточных водах многих производств: химических, нефтехимических, фармацевтических, целлюлозно-бумажных, цементных, мыловаренных, текстильных, лакокрасочных, пищевых, машиностроительных, дубильных.

Хлориды малотоксичны для гидробионтов, теплокровных животных и человека. По данным ученых, токсическое действие на форель оказывает концентрация 400 мг/л, на некоторые другие виды рыб 2000 мг/л. Для крупного рогатого скота, овец, свиней опасна концентрация хлоридов в воде 1500 мг/л, а в концентрациях более 4000 мг/л хлориды вызывают гибель этих животных. На растения токсическое действие хлориды оказывают в концентрациях 100-350 мг/л. Особо чувствительны к хлоридам в воде для полива цитрусовые. На мандариновые деревья хлориды оказывают вредное влияние в концентрации 50 мг/л, на лимонные 30 мг/л.

Предельно допустимые концентрации хлоридов, мг/л:

- питьевая вода 350 мг/л;
- водоемы хозяйственно-питьевого значения 350 мг/л;
- водоемы рыбохозяйственного значения 100 мг/л;
- Вода для орошения почвы 50 мг/л;
- Сточные воды при биологической очистке 250 мг/л.

Хлор в почвах встречается в виде легкорастворимых хлоридов: NaCl, KCl, CaCl₂, MgCl₂, FeCl₃ и других. В природе хлор представленный хлорид ионом имеет значительное распространение: 0,02% от массы земной коры. Хлорид-ион может удерживаться в почве в виде обменного аниона почвенного поглощающего комплекса. Уровни содержания хлоридов в почвах колеблются в пределах от 1 – 10 мг на 1 кг почвы. Миграция и накопление соединений хлора в почвах зависят от температурного и водного режимов территории.

Негативные экологические последствия избыточного содержания хлоридов в почве возможны в виде ухудшения физико-химических свойств почвы, загрязнения грунтовых и поверхностных вод и проявления токсичности почв для многих сельскохозяйственных культур. Хлорид-ионы из почвы легко усваиваются растениями. В небольших количествах хлориды необходимы растениям для нормального протекания процесса фотосинтеза. В больших дозах они оказывают негативное влияние на большинство растений умеренных широт.

Растений, испытывающих недостаток хлора, в природе не отмечено. Высокое содержание хлоридов в почве и легкое их поступление в растения может, с одной стороны, оказывать негативное влияние посредством снижения поступления других жизненно важных анионов, а с другой стороны, при высоких концентрациях хлориды могут оказывать и прямое токсическое действие на растения. Например, установлено, что хлориды тормозят синтез крахмала и тем самым ухудшают качество клубней картофеля. Поэтому хлорид калия в качестве удобрения рекомендуют вносить в почву осенью.

1.2.4.2 Железо

В природных водах и источниках питьевой воды содержание железа варьируется в больших пределах - от 0,01 до 26,0 мг / л. в водохранилища железо поступает через сточные воды многих отраслей промышленности и из подстилающих пород. Он содержится в сточных водах железа, химической, металлургической, машиностроительной, металлообрабатывающей, нефтехимической, химической и фармацевтической, красящей, текстильной и многих других отраслей промышленности.

Третья часть водопроводов Российской Федерации поставляет воду с высоким содержанием железа. Избыток железа в питьевой воде вызывает у человека головную боль, потерю аппетита, сильную усталость, головокружение, аллергические реакции, заболевания крови.

Для людей, животных и растений железо является важным микроэлементом. Физиологическая роль железа в организме человека и животных обусловлена его способностью образовывать различные сложные соединения с молекулярным кислородом, азотом, серой и лигандами, содержащими кислород, азот, серу, селен. Железосодержащие белки выполняют несколько жизненно важных функций: гемоглобин переносит кислород, миоглобин хранит его в связанном виде, цитохромы обеспечивают тканевое дыхание.

Токсичность железа для гидробионтов зависит от pH. Токсичность рыбы резко возрастает, так как в щелочной среде образуются гидроксиды железа, которые накапливаются в жабрах, забивают их и разъедают. Кроме того, железо (II) в щелочной среде легко окисляется до железа (III), связывая растворенный окислитель кислород в воде, что может привести к массовой гибели рыб и других гидробионтов.

1.2.4.3 Медь

Избыток макроэлементов очень токсичен для организма. Несмотря на всю полезность меди, все должно быть в меру. Причинами могут быть отравление паром и частицами элемента при работе в профильных отраслях или при использовании медной посуды в быту. Еще одним важным фактором может быть нарушение метаболизма элемента в организме. Были случаи, когда отравления происходили при использовании загрязненной воды и при использовании пестицидов на основе соединений меди у сельскохозяйственных рабочих. Обратите внимание на эти признаки: нарушение памяти, бессонница, нервное состояние; слезотечение, раздражение слизистых оболочек и конъюнктивит, чихание, головная и мышечная боль; высокая температура, повышенное потоотделение, судороги кисти в конечностях. Токсичным считается потребление меди более 200-250 граммов в день, что приводит к серьезному отравлению. Этот избыток приводит к развитию заболеваний печени и почек, черепно-мозговой травмы, аллергических реакций, атеросклероза, бронхиальных заболеваний, шизофрении.

В регионах с высоким содержанием средств массовой информации должны быть приняты меры по предотвращению анемии среди населения. Декантация чтобы заблокировать медь в почве и ограничить ее попадание в сельскохозяйственные культуры, рекомендуется гипсокартон почвы сельскохозяйственных угодий или ввести в нее удобрение.

Значительно снизить химическую нагрузку на окружающую среду медьсодержащих пестицидов и удобрений позволит исключение их использования в сельском хозяйстве, применение гербицидных методов растениеводства, применение методов биологической защиты.

1.3 Загрязнение РОО окружающей среды радионуклидами

1.3.1 Сброс жидких радиоактивных отходов НИФХИ им. Л.Я. Карпова

На территории АО «НИФХИ им. Л.Я. Карпова» функционирует комплекс по переработки РАО, в состав которого входит отдельное специализированное здание, предназначенное для очистки стоков от радиоактивных загрязнений. В основе технологического процесса дезактивации жидких радиоактивных отходов (ЖРО), образующихся на предприятии, лежат методы выпаривания и ионного обмена.

Очищенная вода в виде конденсата от выпарных аппаратов, после проведения химических и радиометрических анализов проб воды, поступает в пруды отстойники (Пруды-отстойники) и поступает во второй контур исследовательского реактора охлаждения теплообменников. Дальнейшего сброса вод из прудов-отстойников в поверхностные водные объекты не осуществляется.

Качество очищенной воды позволяет использовать ее во втором контуре реактора ВВР-ц, дает возможность сократить потребление артезианской воды и снизить расходы на водоподготовку для градирни второго контура реактора ВВР-ц, исключить сброс в пруды-отстойники.

С декабря 2017 года очищенная вода используется только во втором контуре реактора в сброс в пруды-отстойники исключен.

Основным загрязняющим веществом, содержащимся в сбрасываемой воде в пруды отстойники, является ^{137}Cs . Фактическое значение удельной активности ^{137}Cs в сбрасываемой воде после очистки на несколько порядков меньше

предельного значения удельной активности ^{137}Cs установленного приложением 5 к ОСПОРБ 99/2010.

1.3.2 Выброс радиоактивных отходов в атмосферный воздух НИФХИ им. Л.Я. Карпова

Контроль выбросов радионуклидов с комплекса реактора ВВР-ц в атмосферу обеспечивается методом непрерывного отбора проб воздуха из выбросной трубы путем осаждения и накопления аэрозолей на аналитическом фильтре. В качестве измерительной аппаратуры используются полупроводниковые гамма-спектрометры.

Количественный и изотопный состав выбросов радиоактивных веществ в атмосферу основном определяется производством радиофармпрепаратов, в котором основным источником выброса радионуклидов в атмосферу является производство радиоизотопа Мо-99, необходимого для зарядки генераторов радиоизотопа $^{99\text{m}}\text{Tc}$, используемого для диагностики медицинских учреждений. Фактический выброс радионуклидов I^{131} , I^{132} , I^{133} , Ag^{41} не превысил установленные нормативы предельно-допустимых выбросов радионуклидов (ПДВ).

1.3.3 Хранение твёрдых негорючих радиоактивных отходов НИФХИ им. Л.Я. Карпова

Площадка АО НИФХИ им. Л.Я. Карпова оборудована пунктом хранения твёрдых негорючих радиоактивных отходов (ТРО) высокой, средней и низкой активности. Пункт хранения представляет собой территорию, огороженную забором, на которой расположены хранилища, изолированные от окружающей среды и обеспечивающие надежное размещение ТРО.

1.3.4 Токсичность радиоактивных отходов

Радионуклиды, поступающие в ОС из РОО, основную часть из них составляют инертные радиоактивные газы, которые имеют малые периоды полураспада. Кроме продуктов деления некоторую часть выбросов составляют продукты активации (радионуклиды, образовавшиеся из стабильных атомов под действием нейтронов). Значимыми с точки зрения радиационного воздействия являются долгоживущие радионуклиды.

В организм животных радионуклиды попадают с пищей, через легкие и наружные покровы. В организм растительноядных животных они проникают с травой, лишайниками и пр., в организм хищных с их жертвами. Пищевые продукты растительного происхождения (зерно, овощи, фрукты) на полях и в садах являются источниками поступления радиоактивных веществ в организм сельскохозяйственных животных и загрязнения получаемых от них продуктов - мяса, молока.

Накопление радионуклидов у животных и переход их в молоко, мясо, яйца зависят от свойств радионуклидов, уровня загрязнения кормов и особенностей самих животных. Общее внешнее гамма-излучение на радиоактивном следе вызывает у животных лучевую болезнь, которая в зависимости от величины дозы и продолжительности облучения может быть разной тяжести. Внешнее воздействие бета-частиц сопровождается радиационным поражением кожных покровов. У животных наиболее часто отмечаются поражения кожи на спине.

Эффекты воздействия радиации на человека обычно делятся на две категории. Первый соматические (телесные) возникающие в организме человека, который подвергался облучению. Второй генетические связанные с повреждением генетического аппарата и проявляющиеся в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки человека, подвергшегося облучению. Повреждения, вызываемые большими дозами облучения, обыкновенно проявляются в течение нескольких часов или дней. Раковые заболевания, однако, проявляются спустя много лет после

облучения – как правило, не ранее чем через одно-два десятилетия. А врожденные пороки развития и другие наследственные болезни, вызываемые повреждением генетического аппарата, по определению проявляются лишь в следующем или последующих поколениях: это дети, внуки и более отдаленные потомки индивидуума, подвергшегося облучению.



ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

2.1 Объект исследования

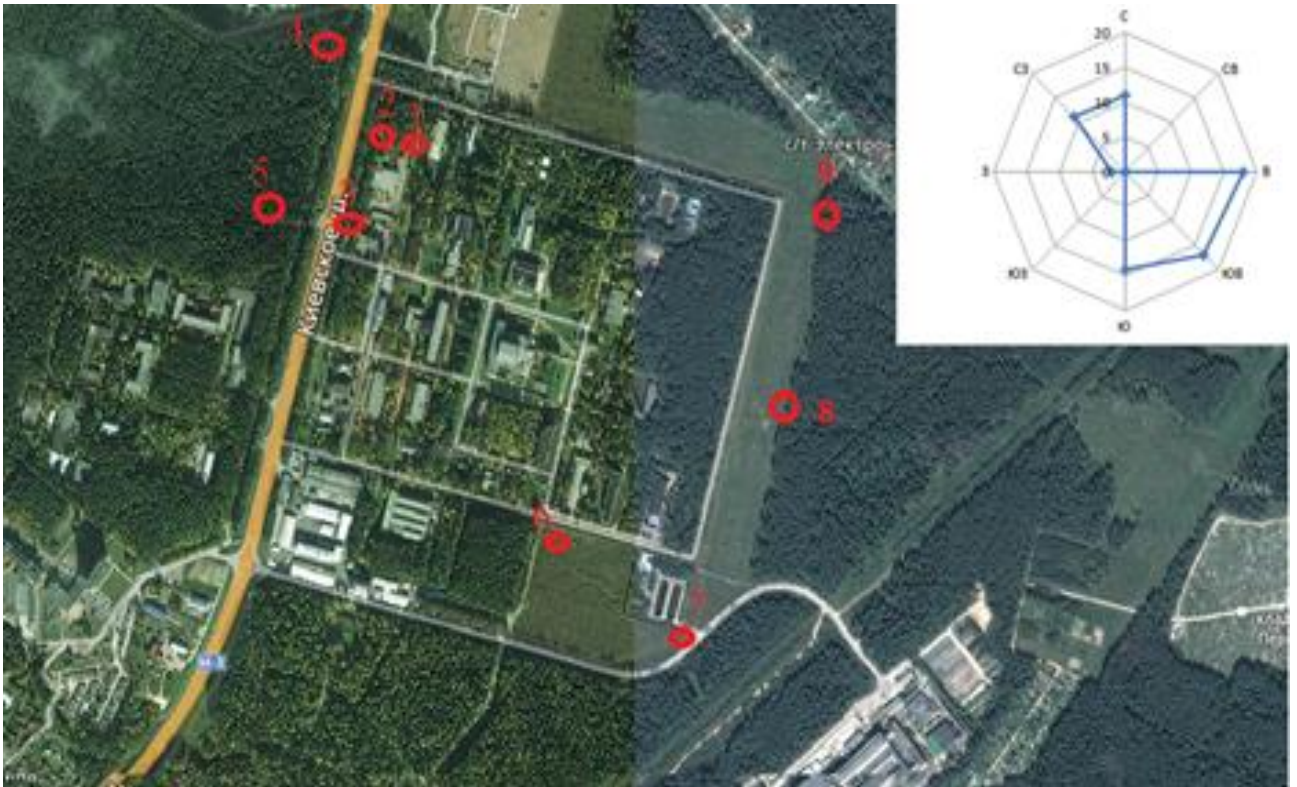
Объектом исследования являлись вода, донные отложения и снег, отобранные в водоемах вблизи НИФХИ им.Л.Я.Карпова, а также в р. Дырочная и Протва в период 2018-2019 гг.

2.2 Время отбора проб и их локализация

Отбор снежного покрова проводился в марте месяце 2018 и 2019 года на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) НИФХИ им. Карпова. Отбор воды и донных отложений осуществлялся в 2018-2019 гг.: летом (июль), осенью (октябрь) и весной (ноябрь) на территориях ССЗ и зоны наблюдения института.

На Рисунке 6 указаны точки отбора снежного покрова. Точка № 1 в лесном массиве, северная сторона СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова», точка № 2 в лесном массиве между северо-западной стороной СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова» и Киевским шоссе М-3, точка № 3 между западной стороной СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова» и Киевским шоссе М-3, точка № 4 (область ЗН) с левой стороны Киевского шоссе М-3 по направлению в г. Обнинск за остановкой «подстанция» в лесном массиве, точка № 5 (область ЗН) с левой стороны Киевского шоссе М-3 по направлению в г. Обнинск за остановкой «ФХИ» в лесном массиве, точка № 6 южная сторона СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова», точка № 7 около трубы юго-восточная сторона СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова», точка № 8 восточная сторона АО «НИФХИ им. Карпова» на границе пожаробезопасной зоны и лесного массива, точка № 9 север-восточной сторона АО «НИФХИ им. Карпова» на границе пожаробезопасной зоны и лесного массива.

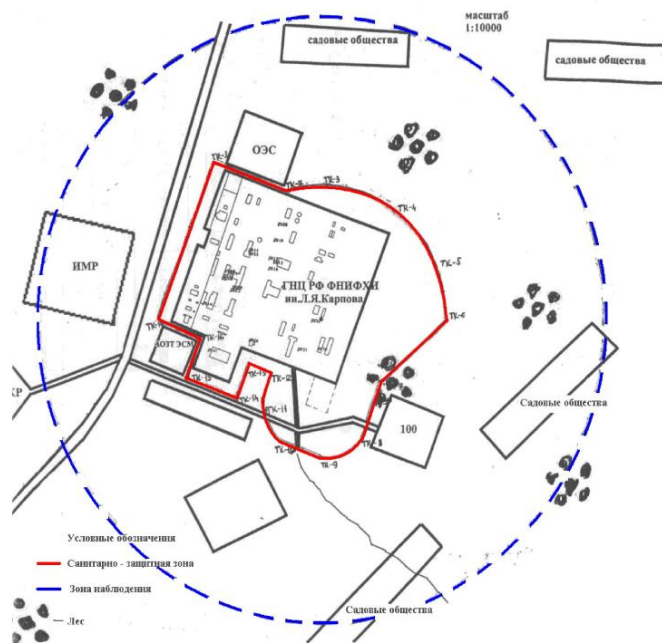
На Рисунке 7 представлена схема СЗЗ и ЗН НИФХИ.



Источник: Яндекс карты

Рисунок 6 - Точки отбора снежного покрова с учетом розы ветров

Ситуационный план СЗЗ и зоны наблюдения.



Источник: АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова».

Отчет по экологической безопасности за 2018 год/ г

Рисунок 7 - Ситуационный план СЗЗ и зоны наблюдения

Пробы снега отбирали во второй половине марта в период максимального накопления в нем химических загрязнителей из атмосферного воздуха. Снег отбирался обрезанной пластиковой бутылкой для получения керна практически на всю толщину сугроба, предварительно бутылку очищали, для исключения загрязнения проб. Объем снега необходимый для проведения анализов составлял 5-6 литров, учитывая, что при таянии объем воды будет значительно ниже и хватить на проведение анализа. Пробы помещали в полиэтиленовые мешки и маркировали. Впоследствии отобранные нами пробы были законсервированы в морозильных камерах.

На Рисунке 8 указаны точки отбора воды и донной отложения. Точка № 1 около трубы юго-восточная сторона СЗЗ АО «НИФХИ им. Карпова», точка № 2 северная сторона АО «НИФХИ им. Карпова» на границе пожаробезопасной зоны и лесного массива, точка № 3-4 восточная сторона АО «НИФХИ им. Карпова» на границе пожаробезопасной зоны и лесного массива, точка № 5 находится на р.Дырочная, точка № 6-7 находится на р.Протва.



Источник: Яндекс карты

Рисунок 8 - Точки отбора воды и донные отложение вблизи НИФХИ (т.1-4), а также р.Дырочная (т.5) и р.Протва (т.6-7)

Первоначально летом 2018 г. вода из водоема, в который стекает по трубе вода неизвестного происхождения с территории НИФХИ отбиралась только в точке № 1 (Рисунок 8). Однако после проведения ряда химических анализов оказалось именно в этой точке повышенное содержание таких загрязняющих веществ, как хлор, медь и железо. В связи с этим было принято решение изучить загрязнение этого водоема более подробно, а также загрязнение водоема через дорогу, с которым он был соединен проложенной трубой под дорогой. Для отбора проб водоемы были условно разделены на 13 частей, из которых отбирались вода и донные отложения (Рисунок 9).



Источник: Яндекс карты

Рисунок 9 – Точки отбора воды и донные отложения вблизи трубы, которые стекает воды из водоема

Согласно рисункам 6 - 9 и их описаниям видно, что все наши исследуемые точки находятся в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения НИФХИ, что позволит нам получить достаточно точную картину химического и радиоактивного загрязнения территории вокруг радиационно опасного объекта.

2.3 Методы химического анализа объект исследования

2.3.1 Определение хлорид-ионов в воде и снежном покрове

Метод основан на измерении разности потенциалов между электродом, селективным к хлорид-ионам, и вспомогательным электродом сравнения. Величина разности потенциалов зависит от активности (концентрации) хлорид-ионов в анализируемом растворе. В качестве вспомогательного электрода используется хлорид серебряный электрод, потенциал которого при измерениях остается постоянным. Чтобы хлорид ионы не попадали в анализируемый раствор из солевого контакта электрода сравнения, его нельзя опускать в анализируемый раствор. Поэтому этот электрод помещают в другой стакан с раствором нитрата калия и соединяют раствор в этом стакане с анализируемым раствором специальным электролитическим мостиком, заполненным KNO_3 .

Аппаратура и реактивы:

- Иономер универсальный с системой хлорид селективного и хлорид серебряного электродов;
- Мерные колбы вместимостью 100 мл – 6 шт;
- Пипетки вместимостью 1 и 10 мл;
- Химические стаканы вместимостью 150 мл – 2 шт;
- Стандартный раствор KCl , 0,1 М в 0,1 М растворе KNO_3 или NaNO_3 ;
- Нитрат калия или натрия, 0,1 М и 1 М растворы.

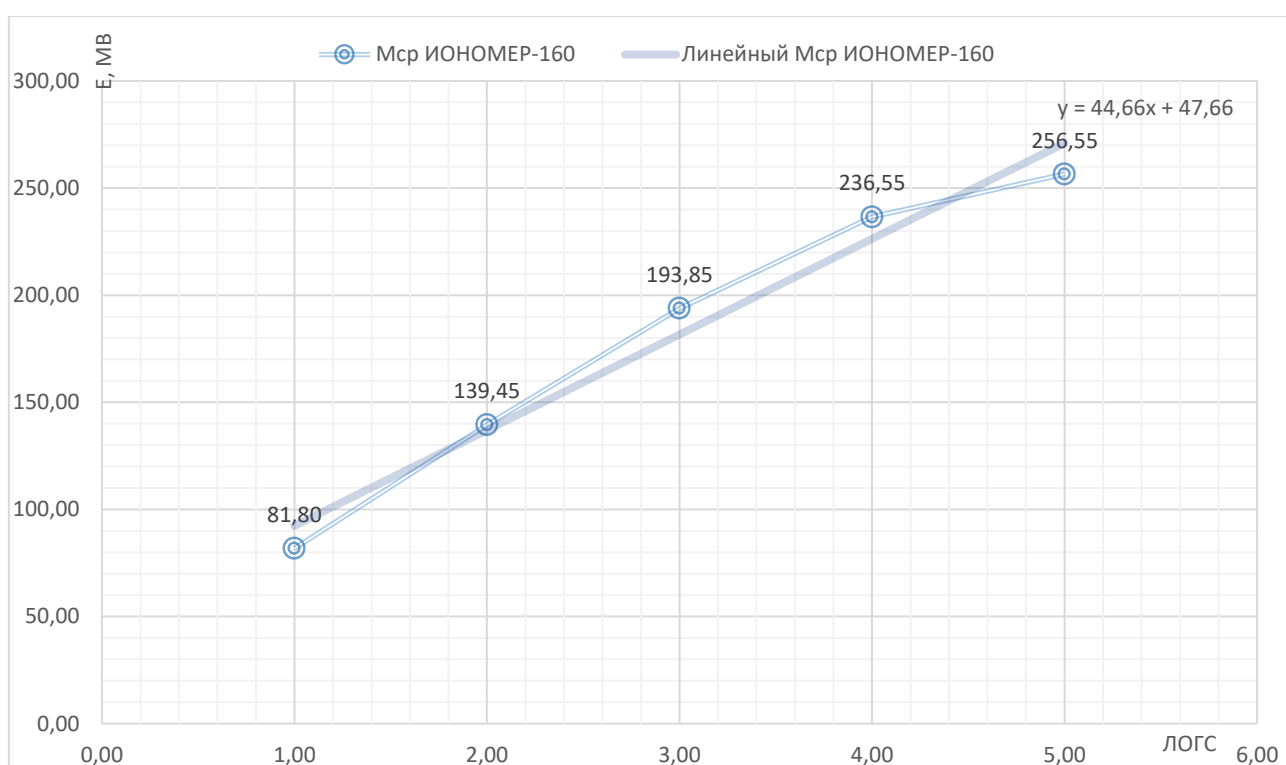
В мерных колбах вместимостью 100 мл готовят из 0,1 М раствора KCl в 0,1 М растворе KNO_3 или NaNO_3 путем последовательного разбавления 0,1 М раствором нитрата натрия растворы с концентрацией 0,01; 0,001; 0,0001; и 0,00001М.

Растворы последовательно переносят в химический стакан, в который осторожно погружают хлорид селективный электрод, предварительно промытый дистиллированной водой и осушенный с помощью фильтровальной бумаги, и

солевой мостик, заполненный раствором KNO_3 или $NaNO_3$. Другой конец солевого мостика должен находиться в стакане с 0,1 М раствором нитрата.

Измерения потенциала целесообразно проводить через 3 мин. Начинают измерения с раствора с наименьшей концентрацией. По результатам измерений строят градуировочный график в координатах E.

Таблица 3 показаны концентрации калибровочных растворов и значение потенциалов, измеренных на иономер-160 в милливольтках. По данным таблицы 3 построили калибровочный график (Рисунок 10).



Источник: собственная разработка

Рисунок 10 - Градуировочный график для определения хлорид-ионов в исследуемых объектах

Таблица 3 - Результаты измерения калибровочных растворов 3 калибровок

Калибровка-1 ИОНОМЕР-160								
С	Е, мВ					Сред. мВ	lgC	± Δ
0,00001	260,5	260,3	260,8	260,6	260,4	260,52	5,00	0,21
0,0001	238,6	238,7	238,5	238,6	238,6	238,60	4,00	0,08
0,001	195,0	194,9	194,6	194,7	194,4	194,72	3,00	0,27
0,01	139,7	139,6	139,5	139,4	139,2	139,48	2,00	0,21
0,1	81,5	81,4	81,3	81,2	81,3	81,34	1,00	0,13
Калибровка -2 ИОНОМЕР-160								
С	Е, мВ					Сред. мВ	ЛогС	делта
0,00001	252,3	252,4	252,6	252,8	252,7	252,56	5,00	0,23
0,0001	234,5	234,3	234,5	234,4	234,6	234,46	4,00	0,13
0,001	193,2	193,1	193,0	192,9	192,8	193,00	3,00	0,18
0,01	139,4	139,5	139,4	139,5	139,4	139,44	2,00	0,06
0,1	82,5	82,4	82,3	82,2	82,1	82,30	1,00	0,18
Калибровка - 3 ИОНОМЕР-160								
С	Е, мВ					Сред. мВ	ЛогС	делта
0,00001	239,80	240,00	241,00	242,00	244,70	241,50	5,00	2,21
0,0001	230,00	227,00	226,70	226,20	226,10	227,20	4,00	1,79
0,001	184,40	184,30	184,20	184,20	184,30	184,28	3,00	0,09
0,01	136,30	136,00	135,90	135,80	135,70	135,94	2,00	0,26
0,1	78,30	77,90	77,80	77,90	77,70	77,92	1,00	0,25

Источник: собственная разработка

В мерную колбу на 100 мл переносят 1 мл 1 М раствора KNO_3 или $NaNO_3$ и исследуемой воды до метки. Содержимое колбы тщательно перемешивают и переносят в стакан, измеряют разность потенциалов как при построении градуировочного графика. По градуировочному графику находят pCl и рассчитывают содержание хлорид-ионов в анализируемой воде, г/мл.

2.3.2 Определение хлорид-ионов в донных отложениях

В ГОСТ 26425-85 для определения хлорид-ионов электрометрическими методами рекомендованы прямая ионометрия и ионометрическое титрование. При использовании метода прямой ионометрии измеряют разность потенциалов

между электродом, селективным к хлорид-ионам, и вспомогательным электродом сравнения. Она зависит от активности хлорид-ионов в анализируемом растворе. В качестве вспомогательного используют хлорид серебряный электрод. Чтобы хлорид-ионы не попали в анализируемый раствор из солевого контакта электрода сравнения, его нельзя опускать в анализируемый раствор. Поэтому его помещают в стакан с раствором нитрата калия, стаканы с анализируемым раствором и электродом сравнения соединяют специальным электролитическим мостиком, заполненным раствором KNO_3 .

Потенциал хлорид-селективного электрода E зависит от активности хлорид-ионов в анализируемом растворе.

Аппаратура и реактивы:

- Иономер универсальный с системой хлоридселективного и хлоридсеребряного электродов;
- Мерные колбы вместимостью 50 мл – 4 шт.;
- Конические колбы вместимостью 250 мл – 4 шт.;
- Химические стаканы вместимостью 150 мл – 2 шт.;
- Воронки диаметром 15 см;
- Пипетки вместимостью 5 и 50 мл;
- Фильтры бумажные (синяя лента);
- NaNO_3 или KNO_3 – 0,1 М растворы;
- Стандартный 0,1 М раствор KCl в 0,1 М растворе NaNO_3 или KNO_3 .

Построение градуировочного графика

В мерных колбах вместимостью 50 мл готовят из 0,1 М раствора KCl путем последовательного разбавления 0,1 М раствором NaNO_3 или KNO_3 растворы с концентрацией 0,01; 0,001 и 0,0001 моль/л.

Растворы поочередно переносят в химический стаканчик, в который осторожно опускают хлоридселективный электрод, предварительно промытый дистиллированной водой, и солевой мостик, заполненный 35 раствором KNO_3 .

Другой конец солевого мостика находится в стакане с 0,1 М раствором KNO_3 . Через 3 мин измеряют разность потенциалов между электродами. Измерения целесообразно начинать с растворов наименьшей концентрации. По результатам измерений строят градуировочный график в координатах Е.

В сухую коническую колбу вместимостью 250 мл переносят 10 г воздушно-сухой почвы, предварительно растертой в фарфоровой ступке и пропущенной через сито с диаметром отверстий 1 – 2 мм. В колбу с навеской почвы с помощью пипетки добавляют 50 мл 0,1 М раствора KNO_3 . Колбу закрывают резиновой пробкой, и содержимое колбы энергично взбалтывают в течение 3 мин. Фильтруют суспензию через двойные складчатые фильтры. Размер складчатого фильтра должен соответствовать размеру воронки, т.е. лежать на 0,5 - 1,0 см ниже ее края.

Суспензию выливают на фильтр, стараясь перенести возможно большее количество почвы. Первые порции фильтрата (около 10 мл) собирают в химический стаканчик, затем выбрасывают.

Полученный фильтрат переносят в химический стакан и измеряют разность потенциалов так же, как при построении градуировочного графика.

По градуировочному графику находят значение $p\text{Cl}^-$ и рассчитывают содержание хлорид-ионов в почве (мг/кг) по формуле (1):

$$X = (CMV_0 \cdot 1000)/a, \quad (1)$$

- где С – концентрация хлоридов в анализируемой пробе, моль/л;
- М – молярная масса хлорид-ионов, г/моль;
- V_0 – объем воды, взятой для получения водной вытяжки, мл;
- а – навеска почвы, г.

2.3.3 Определение водородного показателя (pH)

Водородный показатель воды (pH) один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины pH зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металл и бетон. pH воды влияет также на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ.

Питьевая вода должна иметь нейтральную реакцию (pH около 7). Величина pH воды водоемов хозяйственного, питьевого, культурно-бытового назначения регламентируется в пределах 6,5-8,5. В большинстве природных вод водородный показатель соответствует этому значению и зависит от концентраций свободного диоксида углерода и гидрокарбонат-иона. Более низкие значения pH могут наблюдаться в кислых болотных водах за счет повышенного содержания гуминовых и сульфокислот. Летом при интенсивном фотосинтезе pH может повышаться до 9. На величину pH влияет содержание карбонатов, гидроксидов, солей, подверженных гидролизу, гуминовых веществ и др.

Водородный показатель pH измерялся потенциометрическим методом на жидкостном анализаторе АНИОН 4100.

Метод определения величины pH проб воды основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из стеклянного электрода, потенциал которого определяется активностью водородных ионов, и вспомогательного электрода сравнения с известным потенциалом.

Посуда:

- колбы мерные;
- пипетки мерные;
- стаканы химические;
- воронки конические;

- конические колбы;
- бутылки из полиэтилена для отбора и хранения проб и растворов.
- Условия выполнения измерений.

Измерения проводятся в следующих условиях:

- температура окружающего воздуха (20 ± 5) °С;
- атмосферное давление $(84,0 - 106,7)$ кПа;
- относительная влажность (80 ± 5) %;
- напряжение сети (220 ± 10) В;
- частота переменного тока (50 ± 1) Гц.

Подготовку рН-метра проводят в соответствии с руководством по его эксплуатации.

Анализируемую пробу объемом 30 см^3 помещают в химический стакан вместимостью 50 см^3 .

Электроды промывают дистиллированной водой, обмывают исследуемой водой и погружают в стакан с анализируемой пробой. При этом измерительный электрод необходимо полностью погрузить в раствор, а солевой контакт вспомогательного электрода должен быть погружен на глубину 5 - 6 мм.

Отсчет величины рН по шкале прибора проводят только тогда, когда показания прибора не будут изменяться более чем на 0,2 единицы рН в течение одной минуты. Через минуту измерение повторяют. Если значения рН отличаются не более чем на 0,2, то за результат анализа принимают среднее арифметическое значение последовательных измерений.

После измерений электроды ополаскивают дистиллированной водой и протирают фильтровальной бумагой.

При необходимости обезжирить электрод, его протирают мягкой тканью, смоченной этиловым спиртом и затем, ополаскивают дистиллированной водой и протирают мягкой тканью.

Обработка результатов измерения.

За результат измерения принимают значение рН, которое определяют по шкале прибора.

Определение актуальной и обменной кислотности почв потенциометрическим методом и удельной электропроводности кондуктометрическим методом.

На технических весах взвешивают 40 грамм воздушно-сухой почвы. Навеску помещают в химический стакан на 200-250 мл и приливают 200 мл дистиллированной воды. Содержимое перемешивают 1-2 мин (стеклянной палочкой) и оставляют стоять 5 мин. Перед определением суспензию еще раз перемешивают и погружают в нее комбинированный стеклянный электрод, подключенный к Анион-4100 (рН-метр) так, чтобы электрод был полностью погружен в почвенную суспензию. Через 0,5-1 мин отсчитывают по шкале значение рН, соответствующее измеряемой почвенной суспензии.

В стаканчик с почвенной суспензией (полученной в пункте 1) погружают комбинированный датчик УЭП, подключенный к кондуктометру Анион-4100 так, чтобы датчик был полностью погружен в почвенную суспензию и измеряют удельную электропроводность См/см (См/м).

При определении рН солевой суспензии к навеске почвы 10 г приливают 50 мл 1 н КСl. Дальнейший ход анализа тот же, что и при определении рН водной вытяжки.

Все измерения проводят в трех повторностях.

2.3.4 Определение общей минерализации

Природная вода – сильнейший растворитель минералов и горных пород, обогащена различными солями. В связи с большим разбавлением природных растворов, соли практически полностью диссоциированы на ионы. Главными ионами являются катионы Ca, Mg, Na, K, и анионы HCO₃, SO₄, Cl. Определение содержания ионов выполняется аналитическими методами. Ионная форма - выражение содержания в природных водах ионов в единицах массы на определенный объем воды. Обычно это миллиграммы или граммы на литр воды.

Ионная форма дает массовое содержание данного вещества в воде, что имеет большое практическое значение. Минерализация количество растворенных в воде минеральных веществ, выраженное в мг/л или г/л. Она имеет следующие понятия сумма ионов арифметическая сумма содержания всех определенных анализом ионов в мг/л или г/л.

Определение общей минерализации воды кондуктометрическим методом

Из бутылки с водой, собранной в ранее указанных точках отбора, с помощью цилиндра на 200-250 мл отбирают 200 мл воды и помещают ее в химический стакан на 250 мл. В стакан опускают магнитный стержень, после чего стакан ставится на магнитную мешалку и в него погружают кондуктометрический датчик, подключенный к Анион-4100 (кондуктометр) так, чтобы датчик был полностью погружен в воду. Через 0,5-1 мин записывают значения общей минерализации в мг/л. Измерения проводят в трех повторностях.

По степени общей минерализации природная вода делится на следующие виды:

- пресная питьевая (менее 1 г/л);
- слабоминерализованные (1-2 г/л);
- малой минерализации (2-5 г/л);
- средней минерализации (5-15 г/л);
- высокой минерализации (15-30 г/л);
- рассольные минеральные воды (35-150 г/л);
- крепкорассольные воды (150 г/л и выше).

2.3.5 Определение меди, железа в воде и донных отложениях

Определение содержания меди в воде и донных отложениях и железа в воде проводилось в рамках радиоэкологического мониторинга радиационно опасного объекта НИФХИ им. Л.Я. Карпова, который осуществляется на базе Ресурсного центра в лаборатории "Экологический контроль объектов ЯТЦ" в ОЯФиТ ИАТЭ НИЯУ МИФИ. Частично данные были представлены в

выпускных квалификационных работах Андреевкова А.А (направление 05.03.06 Экология и природопользование), Во Нгок Лан и Ву Тхи Тху (направление подготовки 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг).

2.4 Метод измерения радиоактивного загрязнения воды и донных отложений

Отобранные образцы воды и донных отложений были исследованы в НИЯУ МИФИ (кафедра №1) на содержание следующих радионуклидов ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K методом гамма-спектрометрии.

Назначение данной установки:

- измерение активности гамма-излучающих радионуклидов в счётных образцах пищевой и сельскохозяйственной продукции, строительных материалов, продукции лесного хозяйства, питьевой воды и других объектов;
- определение радионуклидного состава исследуемых объектов.

Свойства данной установки:

- автоматический учет плотности вещества счётного образца;
- текущий контроль за работоспособностью спектрометра и стабильностью его метрологических характеристик;
- расчёт неопределённости результатов измерения;
- светодиодная стабилизация, обеспечивающая высокую температурную стабильность измерительного тракта;
- размещение результатов измерений в базе данных;
- настраиваемая форма протокола измерений.

Состав измерительного оборудования:

- сцинтилляционный блок детектирования на основе NaI(Tl) с кристаллом $\varnothing 63 \times 63$ мм и встроенными блоками питания, усиления и АЦП;
- защита свинцовая толщиной 50 мм;
- программное обеспечение «Прогресс»;

- контрольный источник ($^{137}\text{Cs} + 40\text{K}$);
- сосуды Маринелли 1 л - 10 шт. [18]

Гамма-спектрометр (Рисунок 11) представляет собой стационарную установку со сцинтилляционным блоком детектирования, персональную электронно-вычислительную машину (ПЭВМ) с программным обеспечением «Прогресс» для управления всеми режимами работы на всех этапах выполнения измерений, обработки результатов и их протоколирования. Их Технические характеристики показано на Таблице 4.



Источник: руководства прибора

Рисунок 11– Измерительное оборудование для проведения гамма-анализа

Таблица 4 – Технические характеристики прибора

Детектор	NaI(Tl), Ø63x63 мм
Диапазон регистрируемых энергий	0,2 ÷ 2,8 МэВ
Относительное энергетическое разрешение по линии Cs-137 (662 кэВ), не более	9 %
Минимальная измеряемая активность в пробе в геометрии сосуда Маринелли объемом 1 л:	
по Cs-137	3 Бк/кг
по Th-232	8 Бк/кг
по Ra-226	8 Бк/кг
по K-40	40 Бк/кг
Пределы допускаемой основной относительной погрешности измерений активности пробы	± 10 %
Время непрерывной работы	не менее 8 ч
Электропитание	220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	400 Вт
Диапазон рабочих температур	+10 ÷ +35 °С
Масса со свинцовой защитой (без ПЭВМ)	не более 170 кг

Источник: руководства прибора

Калибровка энергии позволяет нам идентифицировать радионуклиды в соответствии с их энергией, поэтому калибровка детектора выполняется с использованием 2 калибровочных источников ^{137}Cs и ^{40}K (662 и 1461 кэВ). После хорошей калибровки образец устанавливается внутри детектора и выбирается установка: гамма спектрометр NAI гамма и ЕРН маринелли, затем начинается сбор данных.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

3.1 Результаты определения химического загрязнения снега, воды, донных отложениях

3.1.1 Определение водородного показателя (рН) в исследуемых объектах

В таблице 5 представлены результаты измерения рН воды в водоемах в районе расположения НИФХИ и реках Дырочная (т. № 5, фоновая точка) и Протва (т.№ 7 до очистных сооружений здание №100, куда сбрасываются на очистку сточные воды с трех предприятий НИФХИ, ВНИИРАЭ и ИМРНЦ и т.№ 6 после очистных сооружений).

Согласно полученным данным (Таблица 5) в воде, на момент отбора проб вблизи НИФХИ рН изменяется в диапазоне 5,00-8,69 в период 2018-2019 гг. Полученные различия в 2018г. и 2019 г. в значениях рН скорее всего связано с разными методами определения рН. В 2018 измерение рН проводилось непосредственно в месте отбора проб с помощью лакмусовой бумаги после чего проба консервировалась на месте в полевых условиях. В 2019 г. отобранная вода сразу перевозилась в лабораторию, где рН измеряли потенциометрическим методом с помощью АНИОН-4100 и только после этого проба консервировалась для дальнейших исследований. В связи с этим, мы считаем, что полученные значения в 2019 г. более точные.

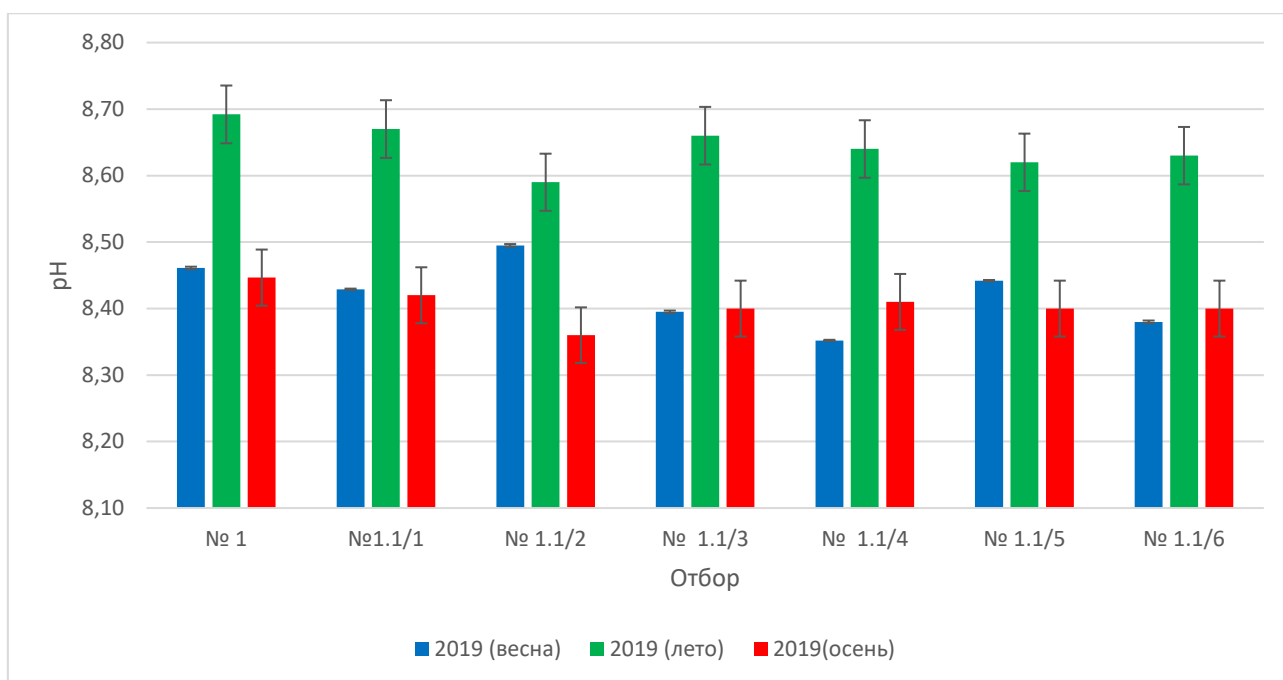
Исходя из данных таблица 5 в 2018-2019 гг. практически во всех точках значения рН соответствуют нормативным показателям водных объектов рыбохозяйственного назначения ($\text{ПДК}_{\text{рх}}(\text{рН})=6,5-8,5$), однако в осенний период 2018 г. мы наблюдаем тенденцию к закислению водных объектов. Также видно, что в т.№1 летом 2018 г. происходит закисление воды, а в 2019 г. наоборот – защелачивание. Как мы уже ранее отмечали это может быть связано как с методами измерениями рН, так и с изменениями рН воды, которая вытекает из трубы с территории НИФХИ.

Таблица 5 - Результаты измерения водородного показателя в воде

№ проба	рН (воды)				
	2018 (лето)	2018 (осень)	2019 (весна)	2019 (лето)	2019 (осень)
№ 1	6	5,00	8,46	8,69	8,45
№ 2	6-7	6,00	-	7,65	-
№ 3	6-7	6,00	-	6,67	-
№ 4	6-7	6,00	-	6,8	-
№ 5	6-7	6,00	-	-	-
№ 6	-	6,00	-	-	-
№ 7	-	5,00	-	-	-
1.1/1	-	-	8,42	8,67	8,42
1.1/2	-	-	8,49	8,59	8,36
1.1/3	-	-	8,39	8,66	8,40
1.1/4	-	-	8,35	8,64	8,41
1.1/5	-	-	8,44	8,62	8,40
1.1/6	-	-	8,38	8,63	8,40
1.1/7	-	-	8,22	8,36	-
1.1/8	-	-	8,38	-	-
1.1/9	-	-	8,40	-	-
1.1/10	-	-	-	8,32	-
1.1/11	-	-	-	8,22	-
1.1/12	-	-	-	8,36	-
1.1/13	-	-	-	8,49	-

Источник: собственная разработка

На рисунке 12 мы проследили сезонную динамику изменения рН в тех точках отбора, где это было возможно. Как видно из рисунка 12 во всех точках наблюдается общая тенденция в изменениях рН. Весна и осень рН практически по всем точкам достоверно не различается, но летом мы наблюдаем повышение рН во всех точках отбора водоема.



Источник: собственная разработка

Рисунок 12 – Сезонная динамика рН в воде

Чистый снег характеризуется слабокислой средой и имеет водородный показатель равный 5,6 что связано с присутствием в воздухе диоксида углерода, который способен образовывать угольную кислоту и подкислять тем самым атмосферные осадки. Оксиды азота, сернистый газ, диоксид серы и другие соединения с кислотными свойствами, при высоких концентрациях в атмосферном воздухе, подкисляют снежный покров, водородный показатель в этом случае будет ниже 5,6 (снег кислый). Загрязнение снега оксидами металлов, автомобильными выхлопами будет увеличивать водородный показатель, и снег будет нейтральным или слабощелочным.

При исследовании pH снежного покрова (Таблица 6) около НИФХИ было обнаружено, что значения изменяются в диапазоне 6,22-7,37 и соответствуют нормативным показателям pH снега (ПДК (pH)= 6,0-9,0).

Самый высокий показатель pH был измерен в образце 4С, однако и он находится в пределах норм. Скорее всего повышенное значение pH связано с дорожным движением на Киевском шоссе (трасса М-3).

Таблица 6 - Результаты измерения водородного показателя в снеге

№ проба	pH (снега)	
	2018 г.	2019 г.
1С	6,739±0,045	6,630 ± 0,010
2С	7,025±0,109	6,630 ± 0,010
3С	6,980±0,117	6,900 ± 0,010
4С	7,378±0,064	7,220 ± 0,010
5С	6,753±0,036	6,990 ± 0,010
6С	6,458±0,022	6,550 ± 0,010
7С	6,644±0,030	6,660 ± 0,010
8С	-	6,270 ± 0,010
9С	-	6,220 ± 0,010

Источник: собственная разработка

Значения pH в водной вытяжке донных отложений (Таблица 7) на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) составили 6.5 - 7.5 2018 г. (летом) и 6.0 - 8.4 2018г. (осенью). Результаты определения pH солевой вытяжки по двум сезонным отборам свидетельствуют, что донные отложения рек и точки 1 (из водоема, в которой стекает вода из трубы с территории НИФХИ), являются щелочными и сильнощелочными (pH 7,8-8,4).

Таблица 7 Результаты водородной показателя в донных отложениях.

№ проба	Донные отложения			
	2018 (лето)		2018 (осень)	
	pH H ₂ O	pH KCl	pH H ₂ O	pH KCl
№ 1	–	–	8,421 ± 0,120	7,939 ± 0,018
№ 2	7,509 ± 0,241	6,195 ± 0,026	6,073 ± 0,045	5,172 ± 0,019
№ 3	6,538 ± 0,120	4,990 ± 0,025	6,296 ± 0,011	4,846 ± 0,033
№ 4	7,415 ± 0,085	5,784 ± 0,029	6,849 ± 0,153	5,538 ± 0,012
№ 5	8,472 ± 0,167	8,320 ± 0,107	8,903 ± 0,215	8,664 ± 0,026
№ 6	–	–	8,346 ± 0,169	7,800 ± 0,020
№ 7	–	–	8,240 ± 0,158	7,937 ± 0,019
№1.1/1	7,909 ± 0,006		7,499 ± 0,041	
№ 1.1/2	8,148 ± 0,093		7,730 ± 0,029	
№ 1.1/3	8,209 ± 0,008		8,046 ± 0,104	
№ 1.1/4	7,833 ± 0,030		7,608 ± 0,048	
№ 1.1/5	8,223 ± 0,021		7,807 ± 0,092	

Источник: собственная разработка

Значения pH в водной вытяжке донных отложений (Таблица 7) на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) составили 6.5 - 7.5 (летом) и 6.0 - 8.4 (осенью), в р.Дырочная составили 8.4 – 8.9 (летом) и р.Протва – 8.2 (летом) и 8.3 (осенью). А в солевой вытяжке на территории санитарно-защитной зоны (СЗЗ) составили 4.9 – 6.2 (летом) и 4.8 - 7.9 (осенью), в р.Дырочная составили 8.3 – 8.7 (летом) и р.Протва – 7.9 (осенью). Результаты определения pH солевой вытяжки по двум сезонным отборам свидетельствуют, что донные отложения рек и точки 1 (из водоема, в которой стекает вода из трубы с территории НИФХИ), являются щелочными и сильнощелочными (pH 7,8-8,2). Значения pH солевой вытяжки в осенний и летний периоды в тт.1.3-1.5 достоверно не различаются и являются слабокислотными. В точке 1.2 мы получили достоверное уменьшения pH KCl.

3.1.2 Определения общей минерализации воды

Показатель общей минерализации воды отображает содержание в ней солей, среди которых наиболее представлены соединения натрия, калия, кальция, магния и остатков соляной, угольной, серной кислот.

Согласно полученным данным (Таблица 8) минерализация воды изменяется в диапазоне 40-392 мг/л. Все значение отбора не превышает ПДК. Но мы наблюдаем повышение минерализации воды в 2019 (осень). Наименьшая минерализация наблюдается в т. №2-4 в искусственных водоемах, расположенных на восточной и юго-восточной стороне СЗЗ НИФХИ. Наблюдения за 2018-2019 гг. Свидетельствуют о том, что данные водоемы никак не связаны с территорией института и наполняются в результате таяния снега весной и дождевой водой летом и осенью, что и объясняет очень низкую минерализацию воды.

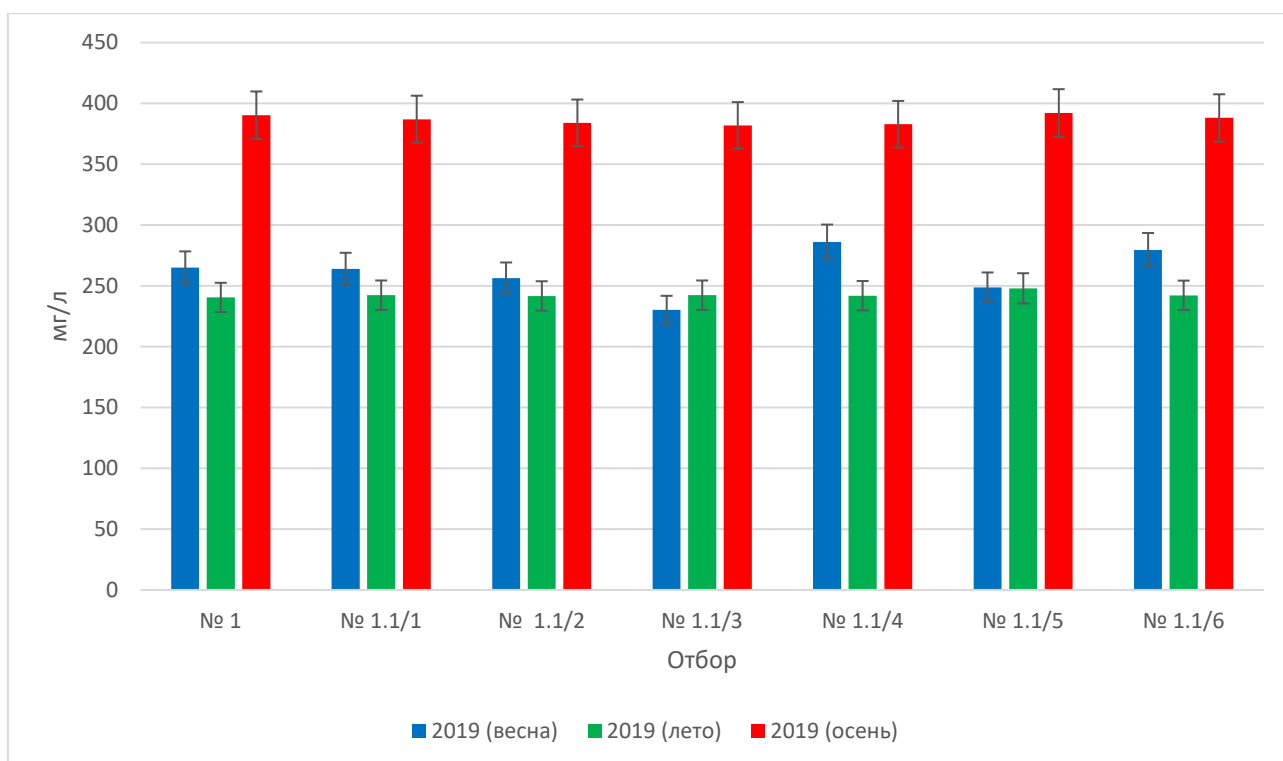
Таблица 8 - Результаты измерения общей минерализации поверхностных вод

№ проба	Общая минерализация*, мг/л		
	2019 (весна)	2019 (лето)	2019 (осень)
№ 1	265,10	240,50	390,30
№ 2	-	124,20	-
№ 3	-	40,10	-
№ 4	-	50,00	-
1.1/1	264,00	242,30	387,00
1.1/2	256,40	241,70	384,00
1.1/3	230,30	242,30	382,00
1.1/4	286,10	241,90	382,90
1.1/5	248,60	248,00	392,10
1.1/6	279,50	242,20	388,10
1.1/7	265,10	235,40	-
1.1/8	265,20	-	-
1.1/9	268,90	-	-
1.1/10	-	234,40	-
1.1/11	-	234,40	-
1.1/12	-	236,80	-
1.1/13	-	235,70	-

Источник: собственная разработка

*Предельно допустимая концентрация общей минерализации (сухой остаток) в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей 1000 (1500) мг/л.

Также следует отметить сезонные различия минерализации воды в водоемах (Таблица 8, Рисунок 13). Наименьшая минерализация поверхностных наблюдается летом 2019 г. 40,10-248,00 мг/л, наибольшая осенью 2019 г. 382,00-390,30 мг/л. Такое изменение может быть связано с тем фактом, что в холодное время года объем воды в водоемах и реках начинает уменьшаться, после жаркого лета 2018 года и низких температур осени 2018, в следствие чего происходит повышение показателя общей минерализации.



Источник: собственная разработка

Рисунок 13 - Сезонная динамика минерализации в воде

3.1.3 Определение хлорид-ионов в исследуемых объектах

В таблице 9 представлены результаты мониторинга концентрации хлорид-ионов в воде за период 2018-2019 гг.

Согласно полученным данным содержания хлорид-ионов в воде (Таблица 9) изменяется в диапазоне от 2 до 215 мг/л и не превышает предельно допустимые концентрации хлоридов в воде. Полученные значения свидетельствуют о том, что системы очистки и фильтрации радиационно опасного объекта НИФХИ им. Л.Я. Карпова работают хорошо и сбросов хлорид-ионов в окружающую среду не допускается.

Таблица 9 - Результаты определения содержания хлорид-ионов в воде

№ проба	Свода (Cl ⁻) ± ΔС, мг/л*			
	2018 (осень)	2019 (весна)	2019 (лето)	2019(осень)
№ 1	86,82±0,70	128,00±0,34	70,82±0,51	209,38±3,70
№ 2	5,84±0,37	-	11,71±1,08	-
№ 3	2,18±0,18	-	1,70±0,02	-
№ 4	3,14±0,14	-	1,59±0,04	-
№ 5	200,32±1,92	-	-	-
№ 6	20,05±0,35	-	-	-
№ 7	17,64±0,48	-	-	-
1.1/1	130,28±0,70	135,16±1,61	58,04±0,50	196,97±1,67
1.1/2	157,58±0,89	138,86±1,98	73,25±7,79	208,86±4,96
1.1/3	155,01±0,72	104,74±1,92	54,11±1,37	192,30±5,26
1.1/4	116,72±1,64	88,30±1,86	73,79±2,82	208,68±8,54
1.1/5	137,09±1,67	95,79±0,82	90,58±4,11	214,28±2,08
1.1/6	-	69,04±4,59	65,87±0,70	211,86±1,87
1.1/7	-	20,87±0,31	-	-
1.1/8	-	22,61±0,39	-	-
1.1/9	-	77,50±1,07	-	-
1.1/10	-	-	66,17±0,90	-
1.1/11	-	-	79,65±8,62	-
1.1/12	-	-	74,45±1,15	-
1.1/13	-	-	72,20±0,52	-

Источник: собственная разработка

*Предельно допустимые концентрации хлоридов, мг/л: питьевая вода – 350; водоемы хозяйственно-питьевого значения – 350; водоемы рыбохозяйственного значения – 100; вода для орошения почвы – 50; сточные воды при биологической очистке – 250.

Также следует отметить, что наименьшие концентрации хлорид-ионов 1,59 – 11,71 мг/л измерены в искусственных водоемах, расположенных вблизи НИФХИ, которые как мы ранее отмечали, несвязанные никакими элементами гидротехнических сооружений с территорией института и в реке Протва 17,64-20,05 мг/л. Концентрация хлоридов в речных водах обычно невелика (не превышает обычно 10 мг/л), поэтому полученные значения хлорид-ионов в реках

Прова (т.№6,7) и Дырочная (т.№5, 200,32 мг/л) указывает на загрязнение источника сточными водами. А в водоемах, в которые стекает вода по трубе с НИФХИ содержание хлорид-ионов более значительно 54,11-209,38 мг/л, но не превышает установленных нормативов.

В таблице 10 представлены данные измерения хлорид-ионов в донных отложениях в течение 2018-2019 гг.

Согласно полученным данным содержание хлорид-ионов в донных отложениях (Таблица 10) изменяется в диапазоне от 5 до 176 мг/кг. По данным таблиц 10-11 был проведен корреляционный анализ между содержанием хлорид-ионов в воде и в донных отложениях. Из выборки значений были исключены т. №2-7, т.к. водоемы т.№2-4 не связаны никакими коммуникациями с территорией НИФХИ, т. №5-7 относятся к рекам. По результатам анализа корреляционной зависимости было обнаружена достоверная зависимость (при $\alpha=0,05$), а точнее тенденция зависимости между концентрациями хлорид-ионов в воде и в донных отложениях летом 2018 г. ($r = - 0.86$), для весны, лета и осени 2019 г. рассчитанные коэффициенты корреляции составили 0,30; 0,011; и -0,47 соответственно, что свидетельствует об отсутствии какой-либо зависимости. Полученный результат может быть связан с различием количества осадков в 2018 и 2019 годах и разным температурным режимом в эти года.

Таблица 10 - Результаты определения содержания хлорид-ионов в донных отложениях

№ проба	<i>Сдон.отл (Cl⁻) ± ΔС, мг/кг*</i>				
	2018 (лето)	2018 (осень)	2019 (весна)	2019 (лето)	2019 (осень)
№ 1	-	73,27±4,57	176,43±15,10	28,87±0,69	59,34±0,53
№ 2	9,91± 0,19	17,26±0,16	-	10,80±0,35	6,04±0,05
№ 3	5,79±0,04	15,85±0,39	-	5,87±0,60	8,39±0,10
№ 4	4,93±0,23	13,80±0,78	-	7,90±0,60	15,18±0,50
№ 5	17,80±0,76	23,10±1,46	-	-	-
№ 6	-	22,67±0,77	-	-	-
№ 7	-	23,65±1,09	-	-	-
1.1/1	-	70,98±2,95	69,51±2,24	15,94±0,86	42,59±0,28
1.1/2	-	35,41±2,36	40,02±0,01	38,43±0,81	27,01±0,50
1.1/3	-	29,08±2,37	26,71±2,05	13,64±0,22	96,58±5,26
1.1/4	-	67,05±2,81	66,15±1,74	30,67±3,33	84,08±3,10
1.1/5	-	52,95±1,29	155,31±6,47	20,75±0,89	51,31±0,99
1.1/6	-	-	10,27±0,60	14,52±0,65	38,96±0,93
1.1/7	-	-	42,35±1,82	38,15±0,43	64,02±1,72
1.1/8	-	-	66,55±1,63	-	-
1.1/9	-	-	52,45±0,61	-	-
1.1/10	-	-	-	34,62±0,75	79,44±3,13
1.1/11	-	-	-	10,64±0,35	104,19±3,77
1.1/12	-	-	-	15,35±0,33	101,64±1,67
1.1/13	-	-	-	64,73±0,74	94,02±3,44

Источник: собственная разработка

В таблице 11 представлены результаты измерения хлорид-ионов в снеге в 2018 г. и 2019 г.

Согласно полученным данным содержания хлорид-ионов в снеге (Таблица 11) изменяется в диапазоне от 1 до 33 мг/л и не превышает предельно допустимые концентрации хлоридов, установленные для воды.

Таблица 11 - Результаты определения содержания хлорид-ионов в снежном покрове

№ проба	$C_{\text{снег}} (Cl^-) \pm \Delta C, \text{ мг/л}$	
	2018 году	2019 году
1С	-	1,86± 0,08
2С	14,29± 0,26	6,25± 0,59
3С	10,73± 0,24	3,24± 0,09
4С	32,21± 0,33	28,03± 0,38
5С	11,57± 0,26	30,51± 1,10
6С	1,11± 0,19	1,92± 0,01
7С	1,42± 0,04	1,64± 0,01
8С	-	1,57± 0,05
9С	-	1,57± 0,11

Источник: собственная разработка

Как видно из таблицы 11, хлорид-ионы в снегу содержатся в очень низких количествах. Только в образцах 4С (2018 г., 32,21 мг/л) и 4С и 5С (2019 г. 28,03 и 30,51 мг/л соответственно) наблюдаются более высокие уровни хлорид-ионов. Возможно, эти пробы имеют такую высокую концентрацию хлоридов из-за того, что точки отбора находятся около Киевского шоссе (рисунок б), на котором ежегодно используют противогололедные реагенты, в котором основным веществом является хлорид натрия. В частности, хлорид натрия (песчано-галитные смеси) в России занимает более 90% от общего количества применяемых солевых антифризов.

Таким образом, можно сказать, что деятельность НИФХИ не влияет на загрязненность снега хлорид-ионами и повышенное их содержание связано с дорожным движением на Киевском шоссе (трасса М-3).

3.1.4 Определение железа в воде и снеге

В таблице 12 представлены результаты измерений содержания общего железа в пробах воды, отобранных летом и осенью 2018 г. вблизи НИФХИ им. Л.Я. Карпова, с использованием фотоколориметра КФК-3.

По результатам исследования было выявлено, что содержание железа в анализируемых пробах колеблется от 0,29 до 2,91 мг/л. Содержание железа в воде в исследуемых точках летом 2018 г. изменяется в диапазоне от 0,548 для пробы № 1 (точка отбора воды - из места вблизи предприятия НИФХИ, с южной стороны, почти на углу, место, где через трубу сбрасывается вода из НИФХИ) до 2,544 мг/л для пробы № 2 (точка отбора вблизи НИФХИ, на северо-восточный углу, ближе к садовому обществу), т.е. превышает ПДК для воды (0,3 мг/л) в 1,8 – 8,5 раз. На наибольшем расстоянии от НИФХИ находится проба 5 (р. Дырочная), однако и в этой точке содержание железа в речной воде превышает ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования более, чем в 3 раза.

Таблица 12- Результаты определения содержания железа в воде

№ проба	Свода (Fe) ± ΔС, мг/л*	
	2018 (лето)	2018 (осень)
№ 1	0,548 ± 0,024	0,294 ± 0,024
№ 2	2,544 ± 0,040	2,917 ± 0,063
№ 3	2,291 ± 0,024	2,251 ± 0,048
№ 4	0,880 ± 0,024	2,212 ± 0,087
№ 5	1,039 ± 0,024	0,603 ± 0,048
№ 6	-	0,658 ± 0,048
№ 7	-	0,651 ± 0,024
1.1/1	-	0,674 ± 0,024
1.1/2	-	0,294 ± 0,024
1.1/3	-	0,381 ± 0,024
1.1/4	-	0,603 ± 0,024
1.1/5	-	0,769 ± 0,024

Источник: собственная разработка

*Предельно допустимая концентрация железа в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей 0,3 мг/л.

Содержание железа в 7-и изучаемых пробах воды, отобранных осенью 2018 г., изменяется в диапазоне от 0,294 (проба №1) до 2,917 мг/л (проба № 2). Во всех пробах, кроме пробы № 1, содержание железа выше ПДК в 2,0 – 9,7 раз.

Во время осеннего отбора 2018 г. наибольшее внимание было уделено более детальному изучению небольшого водоема, из которого отбирали пробу №1. Водоем образовался с южной стороны НИФХИ в результате сброса воды через трубу с территории предприятия. Источник происхождения воды нам неизвестен. В этой точке, как показано летом 2018 г. (таблица 12), содержание железа в воде минимальное, что позволяет предположить, что эта вода проходит технологическую обработку на территории НИФХИ.

Вода в т. № 1.1/1-1.1/5 была отобрана довольно близко друг к другу (рисунок 9), содержание железа в них различно и изменяется в диапазоне от 0,294 ± 0,024 до 0,769 ± 0,024 мг/л и превышают ПДК в 1,3–2,6 раза.

В соответствии с приблизительной схемой (рисунок 9) отбора проб воды из водоема в месте сброса воды через трубу с территории НИФХИ, пробы 1.1/1 и 1.1/5 были взяты ближе всего к месту сбрасывания воды из НИФХИ, содержание железа в этих пробах наибольшее по сравнению с остальными пробами (таблица 12). Следовательно, можно предположить, что сброс воды с НИФХИ более или менее влияет на окружающую среду, приводя к потенциальному накоплению загрязняющих химических веществ, которые могут содержаться в сточных водах с НИФХИ, и вызывать повышение концентрации железа вблизи точки сброса.

По всей видимости, для понимания картины формирования уровня загрязнения воды в районе расположения сбросовой трубы необходимо проведение повторных обследований данной точки.

Оценка содержания железа в снежном покрове представляет большой интерес, т.к. снег является хорошим сорбентом и отражает один из вероятных путей поступления загрязняющих веществ с действующего предприятия в окружающую среду – через выбросы в атмосферный воздух.

Результаты проведенных измерений представлены в таблице 13, из которых следует, что в пробах снега, отобранных в весной 2018 г., концентрация железа изменяется в диапазоне от $0,302 \pm 0,040$ до $1,720 \pm 0,063$ мг/л талой воды. Три пробы – 1С, 6С и 7С, – которые имеют наименее низкие уровни железа, были отобраны на некотором расстоянии от Киевского шоссе, в основном в лесу, в то время как все остальные пробы были взяты недалеко от Киевского шоссе, вдоль ограждения НИФХИ (рисунок 6). Уровни железа в снежном покрове вдоль автотрассы, таким образом, составили 0,8-1,7 мг/л талой воды, превышая ПДК в 2,6–5,7 раз. Наиболее высокая концентрация железа установлена для точки 4С, которая была отобрана с северо-западной стороны НИФХИ, через дорогу (трасса М3 – Киевское шоссе), за остановкой «Кладбище Доброе».

Таблица 13 - Результаты определения содержания железа в снежном покрове весной 2018 г.

№ проба	<i>C_{снег} (Fe) ± ΔC, мг/л*</i>
1С	0,302 ± 0,040
2С	1,253 ± 0,024
3С	1,031 ± 0,048
4С	1,720 ± 0,063
5С	0,769 ± 0,024
6С	0,437 ± 0,040
7С	0,635 ± 0,048

Источник: собственная разработка

*Предельно допустимая концентрация железа в воде водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей 0,3 мг/л.

Полученные данные не позволяют в настоящее время дать однозначный ответ на вопрос о причинах повышенного содержания железа как в поверхностных, так и в талых водах. Вероятно, определенный вклад в химический состав изученных объектов гидросферы на исследованной территории вносят как природно-ландшафтные особенности, так и техногенное воздействие.

3.1.5 Определение меди в исследуемых объектах

В таблице 14 представлены результаты определения содержания меди в воде вблизи НИФХИ.

Из данных таблицы 14 видно, что содержание меди в воде в летний и осенний периоды 2018 г. в точках 2 –5 находится в диапазоне 0.008-0.015 мг/л и достоверно не различаются, однако превышают ПДК * и ПДК ** в 8-15 раз и 1,6-3 раза соответственно.

Таблица 14 - Результаты определения содержания меди в воде

№ проба	Свода (Cu) ± ΔС, мг/л		
	2018 (лето)	2018 (осень)	2019 (лето)
№ 1	0,01±0,001	0,016±0,001	0,0043±0,00001
№ 2	0,015±0,001	0,013±0,001	0,0005±0,0001
№ 3	0,008±0,002	0,008±0,004	0,0002±0,00001
№ 4	0,015±0,003	0,012±0,002	0,0013±0,0001
№ 5	0,019±0,001	0,011±0,007	-
№ 6	-	0,014±0,01	-
№ 7	-	0,01±0,006	-
№1.1/1	-	0,017±0,005	0,0006±0,0001
№ 1.1/2	-	0,018±0,006	0,0004±0,0001
№ 1.1/3	-	0,015±0,009	0,0004±0,00001
№ 1.1/4	-	0,017±0,004	0,0003±0,0001
№ 1.1/5	-	0,017±0,006	0,0005±0,0001
№ 1.1/6	-	-	0,0031±0,0001
№ 1.1/7	-	-	0,0007±0,0001
№ 1.1/8	-	-	-
№ 1.1/9	-	-	-
№ 1.1/10	-	-	0,0033±0,0001
№ 1.1/11	-	-	0,0043±0,00001
№ 1.1/12	-	-	-
№ 1.1/13	-	-	-
ПДК	0.001* 0.005**	0.001* 0.005**	0.001* 0.005**

Источник: собственная разработка

ПДК* для водоемов рыбохозяйственного назначения;

ПДК** в соответствии с Приказом Минсельхоза РФ от 13.12.2016г. № 552 (используется НИФХИ при контроле качества сточных производственно-ливневых вод).

В точке 1 со сменой сезона (лето-осень 2018 г.) происходит достоверное увеличение меди в воде. Однако в оба периода наблюдается превышение ПДК** в 2 и 3 раза. Данная точка находится в водоеме куда стекает вода с территории НИФХИ, что может свидетельствовать о сбросе загрязненной воды через трубу.

Как мы ранее отмечали водоем, где отбирается №1 был более детально исследован (схема отбора проб отображена на Рисунке 9, раздел «Материалы и методы»), в связи с тем, что водоем образуется в месте вытекания воды с территории НИФХИ. Содержание меди в воде водоема превышает ПДК в 3-3,6 раз (ПДК**). Самая высокая концентрация меди в точке 1.1/2 и составляет 0.018 мг/л.

Летом 2019г. отмечено значительное снижение концентрации меди в воде до 0,0002-0,004 мг/л, что соответствует значениям ПДК*, но выше ПДК** (в отдельных точках отбора) в 4 раза.

В таблице 15 представлены результаты определения содержания меди в донных отложениях вблизи НИФХИ.

Таблица 15 - Результаты определения содержания меди в снежном покрове

№ проба	<i>Сдон.отл. (Cu) ± ΔС, мг/кг*</i>	
	2018 (лето)	2018 (осень)
№ 1	-	178,33±0,01
№ 2	2,63±0,001	2,68±0,009
№ 3	1,68±0,002	4,11±0,01
№ 4	1,31±0,001	3,44±0,006
№ 5	0,13±0,001	1,27±0,016
№ 6	-	3,27±0,011
№ 7	-	1,67±0,01
№1.1/1	-	7,3±0,2
№ 1.1/2	-	374,62±6,41
№ 1.1/3	-	7,425±0,15
№ 1.1/4	-	12,02±0,53
№ 1.1/5	-	60,279±2,70

Источник: собственная разработка

*Предельно допустимая концентрация медь в почве 3 мг/кг.

Согласно данным, представленным в Таблице 15 содержание меди в донных отложениях в точках № 3-5 достоверно различаются и увеличиваются в

2,4-9,2 раза. В точке № 2 изменение концентрации меди не изменяется и составляет 2.6 мг/кг. Полученные значения меди в донных отложениях в летний период находятся в диапазоне 0,14-2,68 мг/кг и не превышают установленные нормативы. В точках № 3 и № 4 в осенний период наблюдается увеличение содержание меди относительно ПДК в 1.1 и 1.5 раз соответственно.

В точке 1 также было произведено измерение меди в донных отложениях только в осенний период 2018 г. и полученное значение превышало ПДК в 59 раз, что свидетельствует о значительном загрязнении медью водоема. Указанное загрязнение скорее всего связано с постоянным поступление меди вместе со сливом воды с территории НИФХИ (через трубу) или произошедшим залповым выбросом сточных вод.

В таблице 16 представлены результаты определения содержания меди в снеге вблизи НИФХИ в период 2018-2019 гг.

Таблица 16 - Результаты определения содержания меди в донных отложениях

№ проба	<i>Снег (Cu) ± ΔС, мг/л*</i>	
	2018 г.	2019 г.
1С	0,021±0,009	0,005±7,84E-05
2С	0,014±0,001	0,005±1,04E-04
3С	0,010±0,001	0,003±1,41E-04
4С	0,015±0,004	0,006±6,79E-05
5С	0,015±0,004	0,004±7,84E-05
6С	0,015±0,002	0,007±2,08E-04
7С	0,013±0,009	0,008±1,41E-04
8С	-	0,005±7,84E-05
9С	-	0,007±1,04E-04

Источник: собственная разработка

*Ориентируемся на значения ПДК меди в воде в водоемах, используемых для рыбохозяйственных целей 0,001 мг/л.

Содержание меди в снеге в 2018 г. варьируется от 0,010 до 0,021 мг/л. ПДК меди в снежном покрове установлено 0,001 мг/л, т.е. в снеге превышение измеренных значений составляет 10-20 раз. В 2019 г. наблюдается снижение

концентрации меди в снеге также как и в воде. Однако содержание меди по-прежнему превышает ПДК 3-8 раз.

3.2 Результаты определения радиоактивного загрязнения снега, воды и донных отложений

Основным источником естественной радиоактивности в водах являются радионуклиды уран, торий и радиоактивный калий. Когда показатели активности этих радионуклидов превышают нормальное значение, использование этих вод может увеличить дозу облучения, которой подвергаются люди.

В таблице 17 представлены результаты определения удельной активности (УА) ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в воде, отобранной вблизи НИФХИ.

Диапазоны измеренных значений ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th составляют 0,38 – 35,96; 0,57-6,61; 0,32 Бк/л соответственно. Согласно данным представленным в таблице 17 только весной 2019 г. в т. № 1.1/7 было зафиксировано высокое значение цезия-137, которое составило 35.96 ± 5.15 Бк/л. Согласно НРБ-99/2009 такой уровень удельной активности радиоцезия соответствует уровню вмешательства по питьевой воде. Также следует отметить, что все измеренные активности ^{226}Ra , кроме точки №1.1/1, также можно отнести к уровню вмешательства содержания радионуклида в питьевой воде. Однако из-за больших погрешностей измерений нельзя достоверно быть уверенными в полученных значениях. Для подтверждения значений удельной активности радия в воде, в данном случае, следует либо использовать прибор, либо с более высокой чувствительностью, либо увеличить объём измеряемой воды. Все остальные измеренные активности радионуклидов не представляют интерес из-за своих малых значений. Отрицательные значения содержания радионуклидов в воде (Таблица 17) обусловлены их пределом обнаружения гамма-спектрометрическим методом на используемом приборе.

Таблица 17 - Результаты измерения удельной активности ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в воде

№ проба	УА± ΔУА, Бк/л*			
	2019 (весна)			
	^{137}Cs	^{226}Ra	^{232}Th	^{40}K
№ 1	3.30±1,00	1.68±3.90	-1.87±3.87	-54.6±31.40
№1.1/1	1.20±2.7	-0.15±4.16	-3.62±4.26	2.80±37.40
№ 1.1/2	-0.24±2.83	1.40±4.86	0.32±4.94	-49.30±39.20
№ 1.1/3	-0.16±1.95	0.57±3.32	-1.34±3.4	-28.30±27.70
№ 1.1/4	0.38±2.44	4.63±4.35	-6.38±3.93	-22.50±33.90
№ 1.1/5	0.47±1.95	2.48±3.37	-0.74±3.24	-26.50±26.30
№ 1.1/6	-0.50±1.78	1.31±3.06	-4.1±3.04	-31.50±25.30
№ 1.1/7	35.96±5.15	3.47±2.34	-1.59±2.03	-23,00±16.80
№ 1.1/8	4.38±1.77	3.01±2.40	-2.93±2.2	-37.30±18.10
№ 1.1/9	-0.82±1.54	5.12±3.05	-4.84±2.64	-34.60±22.10
2019 (осень)				
№ 1	-1,76±4,21	3,23±7,30	-7,68±7,17	1,9±62,7
№1.1/1	0,71±2,12	0,96±3,49	-0,3±3,62	-20,1±29,2
№ 1.1/2	0,95±3,66	6,33±6,67	-11,9±5,6	-30,00±52,8
№ 1.1/3	0,00±2,90	4,84±5,33	-2,44±5,1	-40,3±41,1
№ 1.1/4	-1,02±2,80	4,14±5,05	-3,86±4,83	-11,90±40,00
№ 1.1/5	-0,407±3,70	2,90±6,51	-3,33±6,56	-39,30±52,00
№ 1.1/6	-0,33±3,30	6,61±6,052	-6,84±5,6	-20,90±47,20

Источник: собственная разработка

*Приложение 2а к НРБ-99/09 для воды уровни вмешательства (Бк/кг) по содержанию отдельных радионуклидов в питьевой воде для ^{226}Ra - 0,49 Бк/л, для ^{232}Th - 0,6 Бк/л, для ^{137}Cs – 11,0 Бк/л.

Радиоактивное излучение, излучаемое радионуклидами естественного происхождения (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K), в почве варьируется в зависимости от региона, является основным источником излучения во внешней среде. По этой причине знание состава радионуклидов в почве важно для того, чтобы люди знали уровень излучения, получаемого естественным путем.

В таблице 18 представлены результаты измерения удельной активности радионуклидов в донных отложениях.

Таблица 18 - Результаты определения удельной активности радионуклидов в донных отложениях

№ проба	УА± ΔУА, Бк/кг*			
	2019 (весна)			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
№ 1	4346,00±465,00	37,50±17,00	13,80±10,00	357,00±129,00
№1.1/1	1270,00±140,00	19,00±10,00	13,00±8,00	270,00±100,00
№ 1.1/2	171,00±23,70	18,14±8,04	9,95±6,89	324,00±103,00
№ 1.1/3	322,20±41,00	15,46±8,63	4,48±6,90	259,00±96,90
№ 1.1/4	1448,00±155,00	18,33±7,80	15,44±6,21	350,00±93,10
№ 1.1/5	1988,00±220,00	17,40±13,00	15,90±10,00	437,00±139,00
№ 1.1/6	38,10±18,00	10,83±7,10	14,37±7,67	306,00±102,00
№ 1.1/7	1285,00±144,00	42,20±13,20	13,79±8,20	251,00±96,20
№ 1.1/8	3573,00±386,00	25,90±16,80	41,90±14,10	571,00±171,00
№ 1.1/9	1300,00±150,00	30,00±17,00	26,00±14,00	400,00±150,00

Источник: собственная разработка

*Средней уровень активности радионуклидов в земной коре ²²⁶Ra - 32 Бк/кг, ²³²Th - 45 Бк/кг, ⁴⁰K - 420 Бк/кг.

В результате исследования было выявлено (Таблица 18), что активности ²²⁶Ra только в т. № 1 и № 1.1/7 превышают средней уровень содержания в земной коре. Для ²³²Th все значения активности меньше, чем средний уровень активности в земной коре. Для ⁴⁰K в т. № 1.1/5 и № 1.1/8 отмечено превышение среднего уровня активности радионуклида в земной коре. ¹³⁷Cs — это искусственный радионуклид, который может попасть в окружающую среду в результате аварии ядерного реактора, аварии на объектах ЯТЦ или испытания ядерного оружия. Самый высокой уровень активности ¹³⁷Cs был измерен в точках отбора № 1 и № 1.1/8 4346,00 и 3573,00 Бк/кг. Полученные значения радиоцезия в донных отложениях можно сравнить с критериями, принятым Минприроды Российской Федерации в 1992 году, по плотности загрязнения

почвы цезием-137 территории, которая классифицируются следующим образом:

- напряженная ситуация - плотность загрязнения почвы от 1 до 5 Ки/кв.км;
- критическая ситуация - плотность загрязнения почвы от 5 до 15 Ки/кв.км;
- кризисная ситуация (зона чрезвычайной экологической ситуации) - плотность загрязнения почвы от 15 до 40 Ки/кв.км;
- катастрофическая ситуация (зона экологического бедствия) плотность загрязнения почвы свыше 40 Ки/кв.км.

Для этого необходимо пересчитать удельную активность в плотность загрязнения по формуле 2:

$$A_{\text{пов}} = \frac{AU \cdot m \cdot 2,7 \cdot 10^{-11}}{n \cdot S}, \quad (2)$$

Где $A_{\text{пов}}$ – плотность загрязнения, Ки/км²; AU – удельная активность радионуклида, Бк/кг (значения в таблице 18); m - суммарная масса объединенной пробы почвы в воздушно-сухом состоянии, кг (в нашем случае 1 кг); n – число уколов пробоотборником (в нашем случае 1); S – площадь пробоотборника, км² (в нашем случае $4 \cdot 10^{-8}$); $2,7 \cdot 10^{-11}$ – пересчетный коэффициент для перехода от Бк/кг к Ки/км².

Полученные значения расчета представлены в таблице 19. В соответствии с расчетными данными мы видим, что плотность загрязнения водоемов неравномерная 0,03-2,93 Ки/км² и скорее всего это связано со сложной топографией водоемов (рисунок 14), но по трем точкам наши водоемы можно было бы отнести к напряженной ситуации, когда плотность загрязнения почвы составляет от 1 до 5 Ки/км².

Таблица 19 – Результаты расчета плотности загрязнения донных отложений радиоцезием весной 2019 года

Проба	УА± ΔУА, Бк/кг	А _{пов} , Ки/км ²
№ 1	4346,00±465,00	2,93
№1.1/1	1270,00±140,00	0,86
№ 1.1/2	171,00±23,70	0,12
№ 1.1/3	322,20±41,00	0,22
№ 1.1/4	1448,00±155,00	0,98
№ 1.1/5	1988,00±220,00	1,34
№ 1.1/6	38,10±18,00	0,03
№ 1.1/7	1285,00±144,00	0,87
№ 1.1/8	3573,00±386,00	2,41
№ 1.1/9	1300,00±150,00	0,88

Источник: собственная разработка



Источник: собственная разработка

Рисунок 14 – Фото водоема, образующегося в месте вытекания воды с территории НИФХИ

В таблице 20 представлены результаты определения удельной активности радионуклидов в снежном покрове.

Таблица 20 - Результаты активности радионуклидов в снежном покрове в 2019г.

№ проба	УА±ΔУА, Бк/л			
	¹³⁷ Cs	²²⁶ Ra	²³² Th	⁴⁰ K
1С	0,707±4.22	1.6±7.16	1.431±7.7	23.5±66.4
2С	0 ±3,5	2.16±6,1	-0.6±6.3	-24±51,9
3С	-1.7±4.26	1.13±7.45	-1.03±7.78	21.1±7.78
4С	6±5.4	6.09±8.25	-4.3±48.14	2.7±67.7
5С	0.15±5.6	3.17±9.9	-8.06±9.77	-33.1±85.5
6С	1.4±7.8	-0.9±12.3	4.7±14	-67±101
7С	-6.055±5.04	1.5±9.64	0.4±10.2	3.3±83.6

Источник: собственная разработка

Ни в одном из наших образцов снега не было обнаружено больших значений удельной активности радионуклидов. Таким образом мы можем предположить, что РОО не влияет на загрязнение снега радионуклидами.

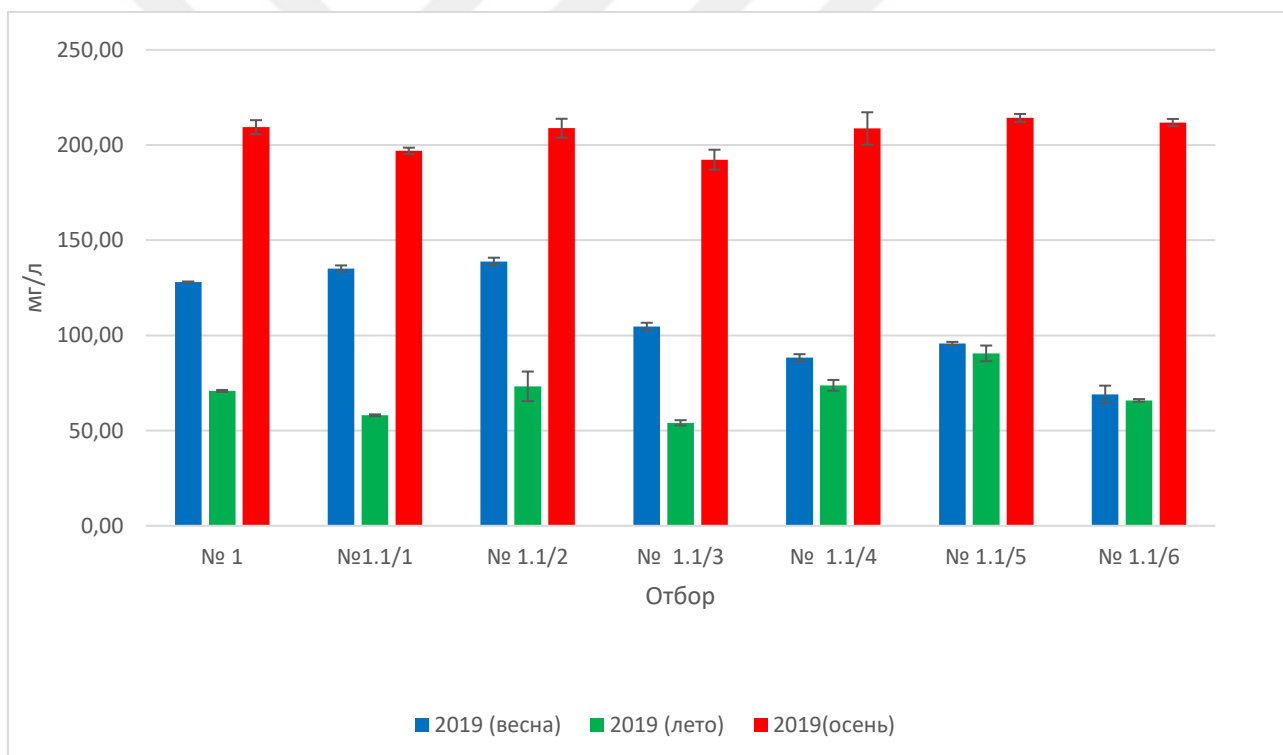
3.3 Годовая и сезонная динамика химических веществ и радионуклидов

По результатам радиоэкологического мониторинга за период 2018-2019 гг. мы можем судить о сезонной и годовой динамике как загрязняющих веществ, так радионуклидов.

3.3.1 Хлорид-ионы

Исследования в течение 2019 г. показали, что содержание хлорид-ионов в воде достоверно различаются в различные сезоны (рисунок 15), исключение составляют точки № 1.1/5, № 1.1/6 весенний-летний период. Согласно полученным данным самый высокий уровень концентрации хлорид-ионов приходится на осень, самый низкий уровень на лето. Что могло стать причиной повышенных значений (но не превышающих нормативов) хлорид-ионов. Весной происходит таяние снегов, которые содержат определенное количество хлорид-

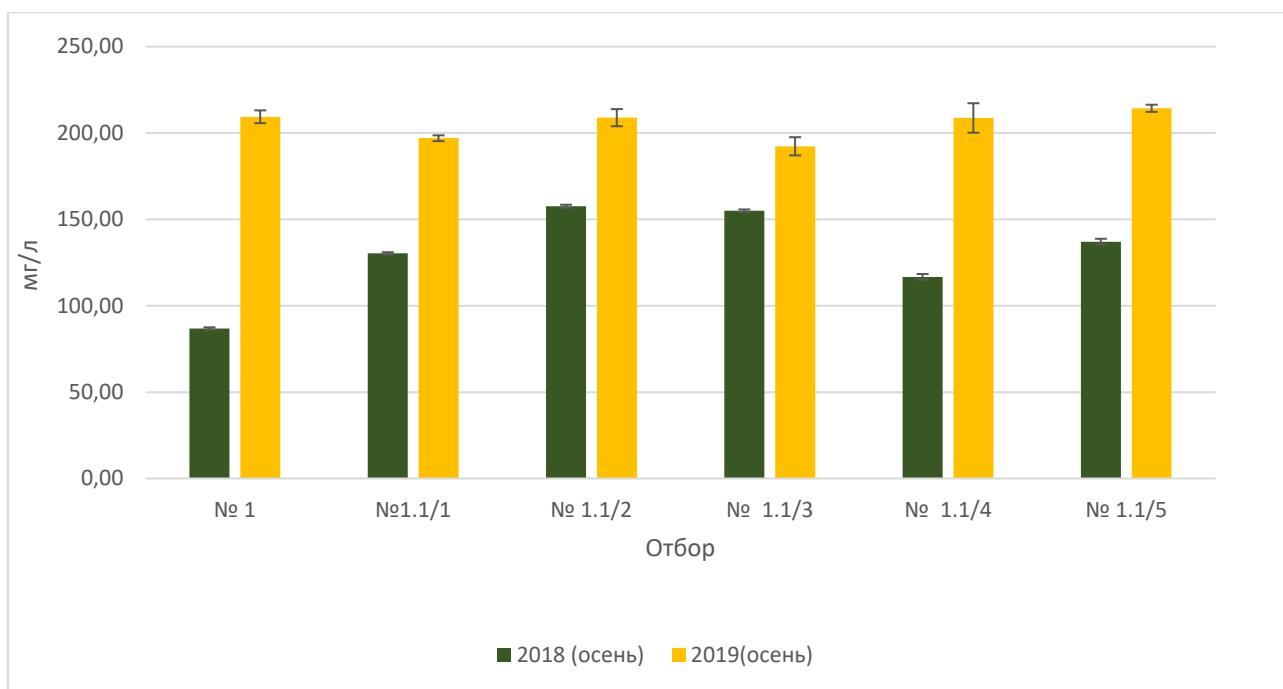
ионов, также вблизи с водоемом располагается площадка, на которую из года в года свозят снег, собранный с дорог г. Обнинска и содержащий противогололедные смеси в основе которых используется хлорид натрия. Следует отметить, что водоем располагается рядом с автомобильной дорогой (рисунок 9), которая посыпается специальными смесями в течение зимы. Указанные причины могут привести к повышению значений содержания хлорид-ионов весной. Летом за счет миграции хлорид-ионов и осадкам (которых было много 2019 г.) концентрация значительно уменьшается и к осени начинает повышаться. Осенью повышение концентрации хлоридов можно связать с уменьшением объема воды в водоеме, а также сбросами их с территории НИФХИ.



Источник: собственная разработка

Рисунок 15 – Сезонная динамика хлорид-ионов в воде в 2019 г. (ПДК 350мг/л)

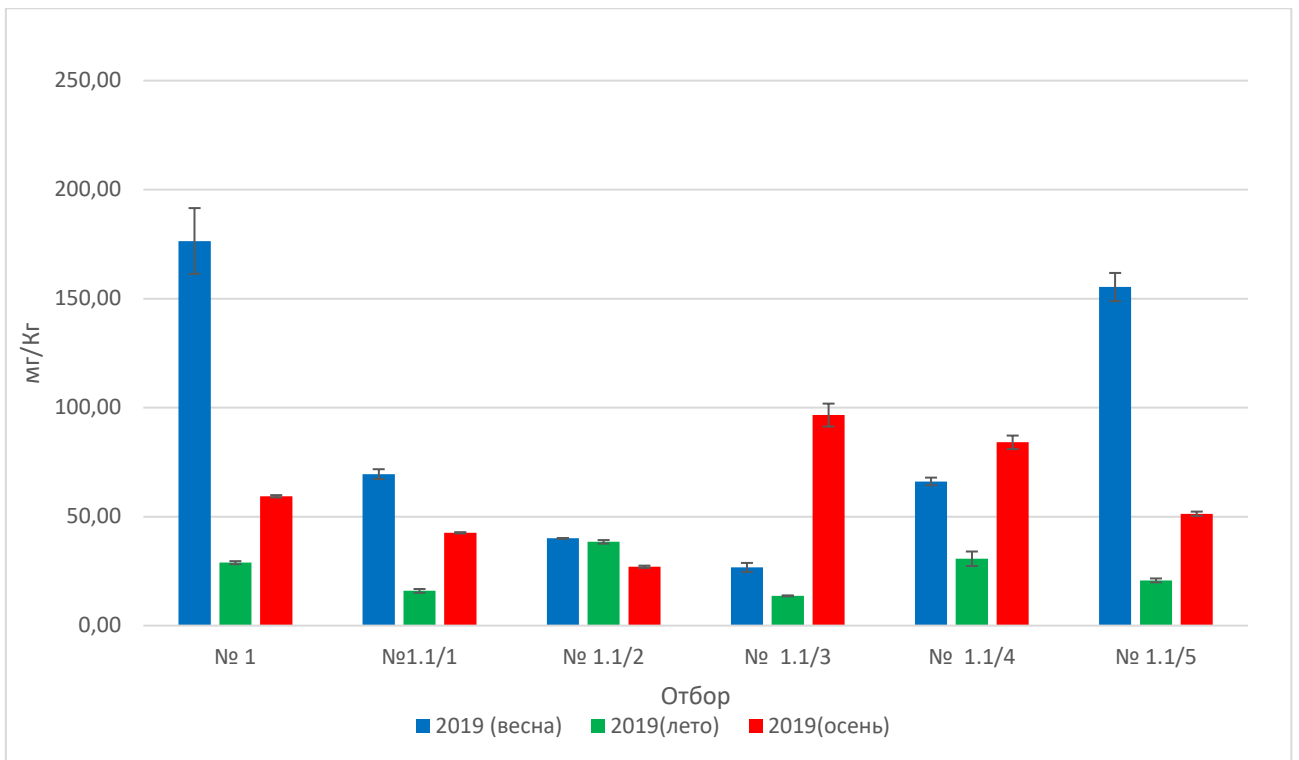
Изучая годовую динамику хлорид-ионов (Рисунок 16) в 2018-2019 гг., мы зафиксировали достоверное увеличение их концентрации в 2019 г. по сравнению с 2018 г. Причины такого увеличения могут быть разного характера. Во-первых, естественные, связанные с климатическими условиями в эти года (температура, количество осадков, влажность и т.д), во-вторых, техногенные, связанные с увеличением сбросов хлорид-ионов за территорию института.



Источник: собственная разработка

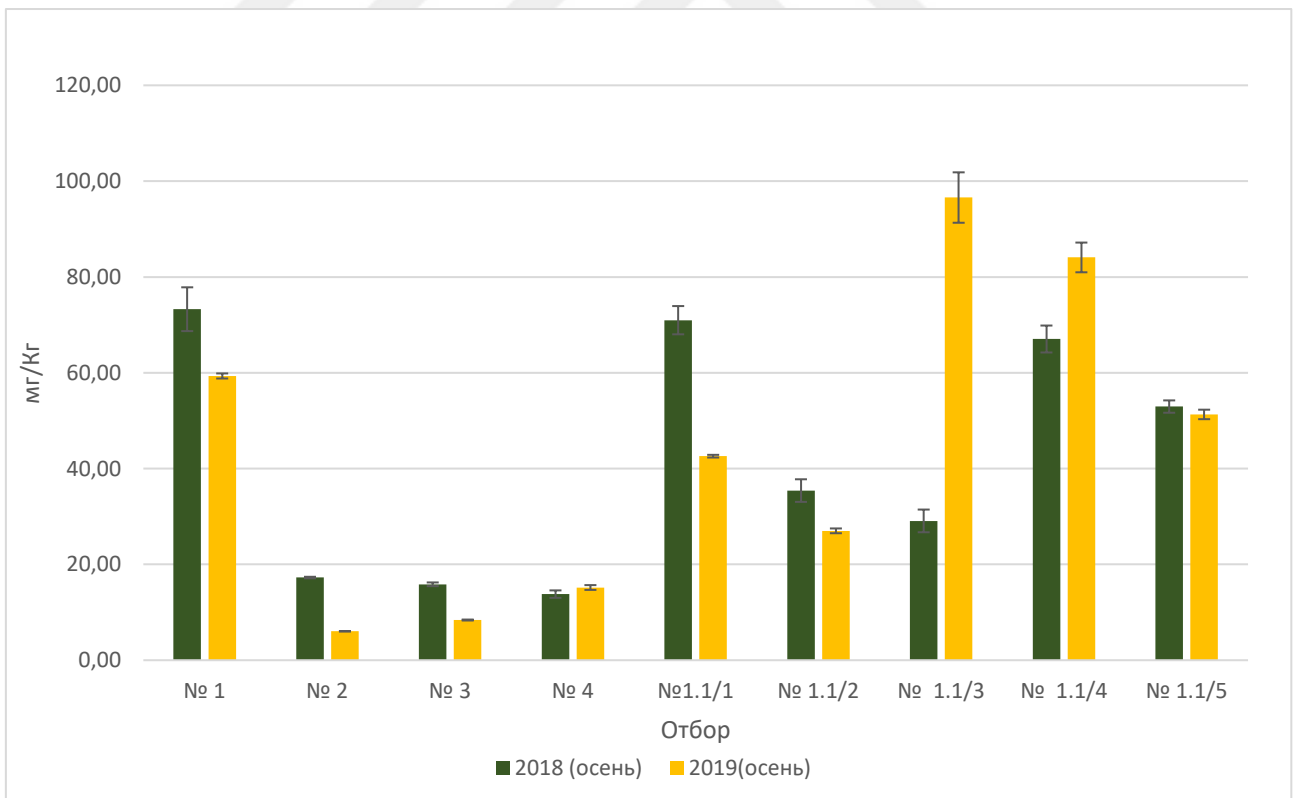
Рисунок 16 –Годовая динамика хлорид-ионов в воде (ПДК 350мг/л)

На рисунках 17-19 представлены сезонная и годовая динамика хлорид-ионов в донных отложениях и снеге. Исходя из полученных диаграмм видно, что в донных отложениях и снеге не наблюдается общей зависимости изменения концентрации хлоридов от сезона и года измерений. Скорее всего это связано с миграционными процессами хлоридов и необходимостью накопления большего количества данных по сезонам и годам.



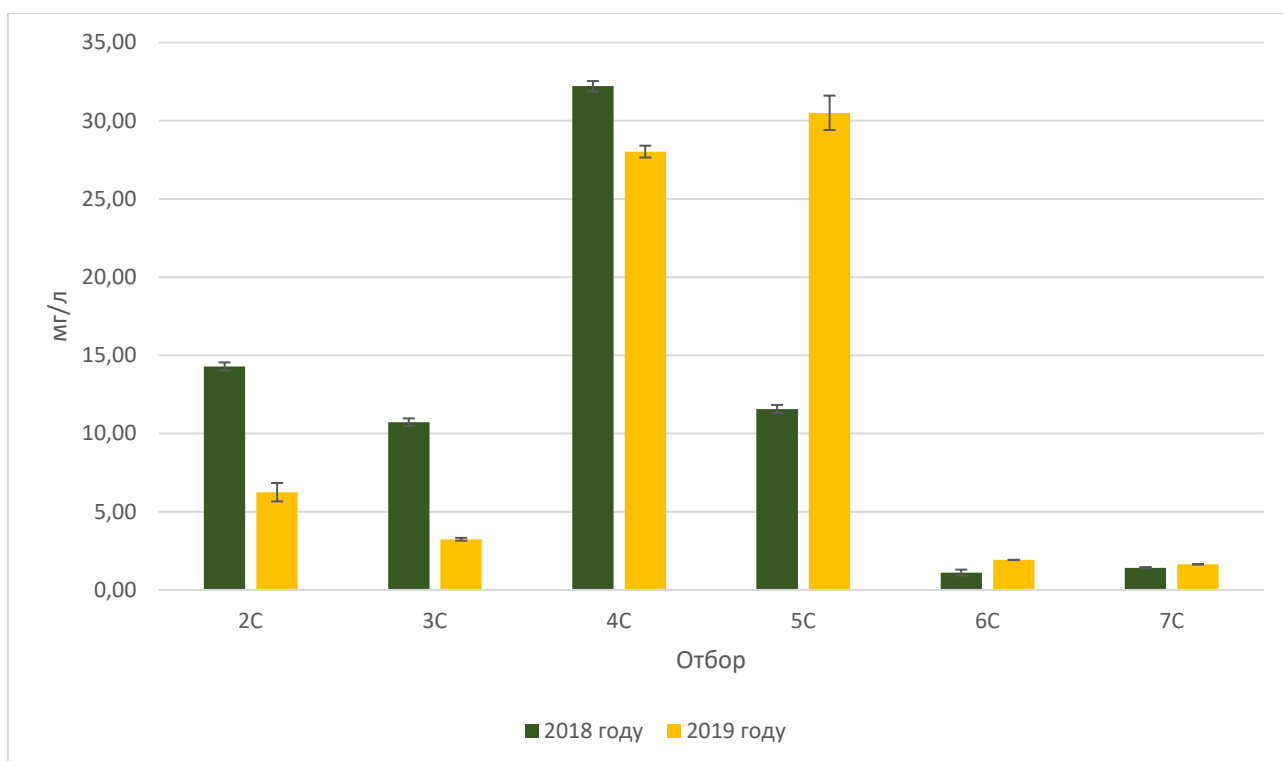
Источник: собственная разработка

Рисунок 17 – Сезонная динамика хлоридов в донных отложениях



Источник: собственная разработка

Рисунок 18 – Годовая динамика хлоридов в донных отложениях

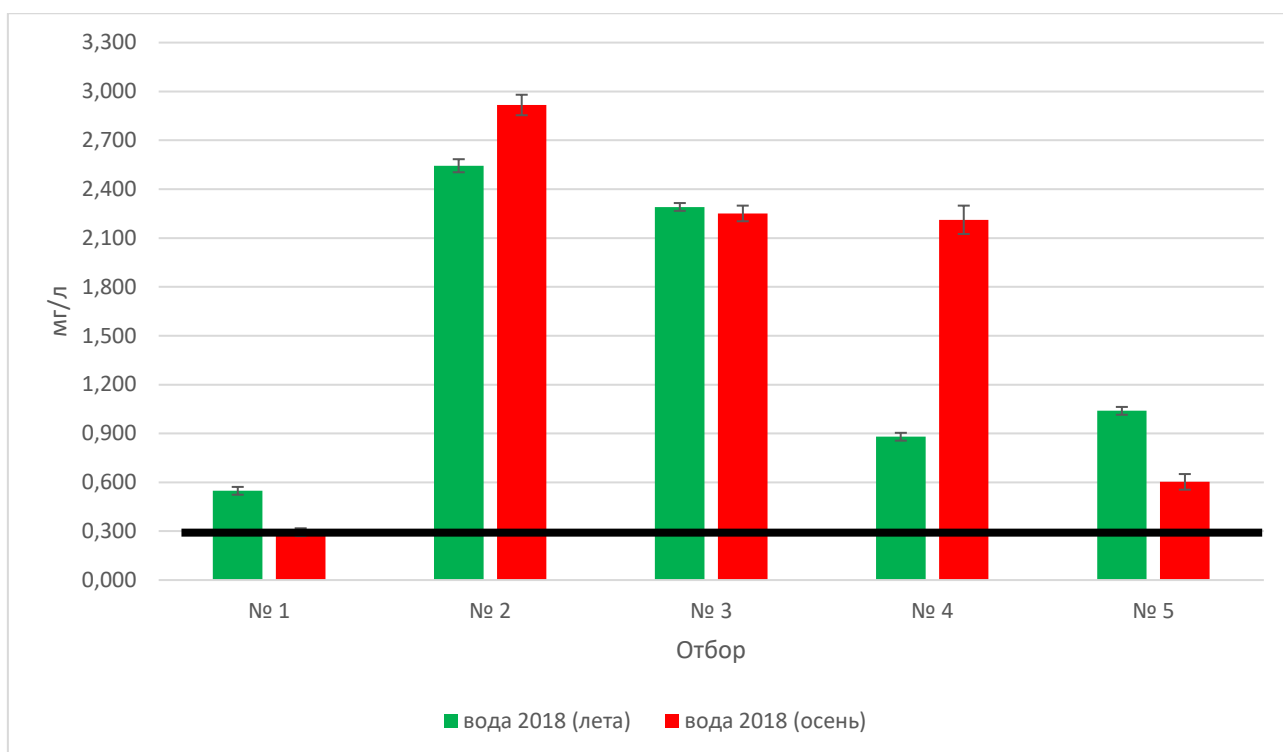


Источник: собственная разработка

Рисунок 19 - Годовая динамика хлорид-ионов в снежном покрове (ПДК 350 мг/л)

3.3.2 Общее железо

На рисунке 20 представлена диаграмма сезонной динамики железа лето-осень в 2018 г. Как видно из представленных данных между осенью и летом во всех точках отбора наблюдается достоверное различие в измеренных концентрациях, исключения составляет т.№ 3. И летом, и осенью наименьшее значение содержания железа в пробах воды найдено в пробе № 1, а наибольшее значения – в пробе № 2. Однако в пробе № 1 полученная концентрация железа составляет 0,548 мг/л (летом 2018 г.), и это значение уменьшается до 0,294 мг/л осенью этого года, а в пробе № 2 полученная концентрация железа увеличивается от 2,544 мг/л (летом 2018 г.) до 2,917 мг/л (осень 2018 г.). Наиболее значительно содержание железа увеличивается в пробе № 4 – от 0,880 мг/л (летом 2018 г.) до 2,212 мг/л осенью (увеличивается примерно на 2,5 раз). В пробах № 3 и № 5 содержание железа понижается немного.



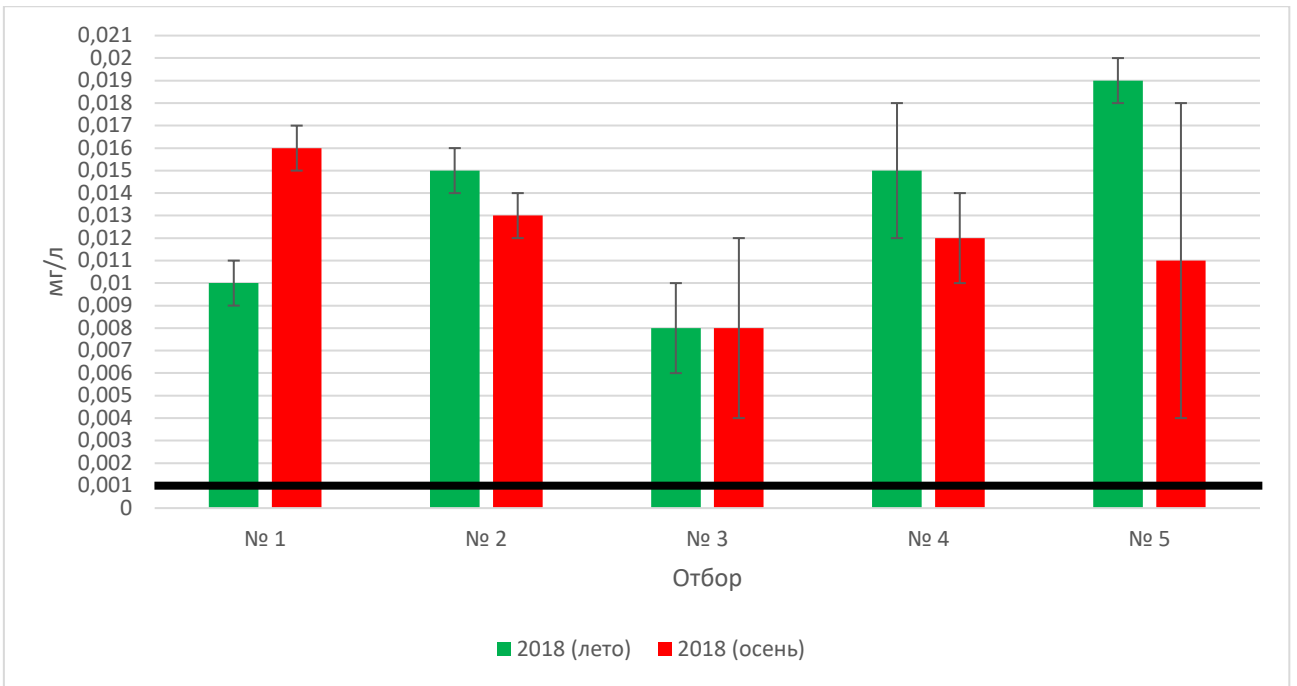
Источник: собственная разработка

Рисунок 20 - Сезонная динамика железа в воде (ПДК 0,3 мг/л)

3.3.3 Медь

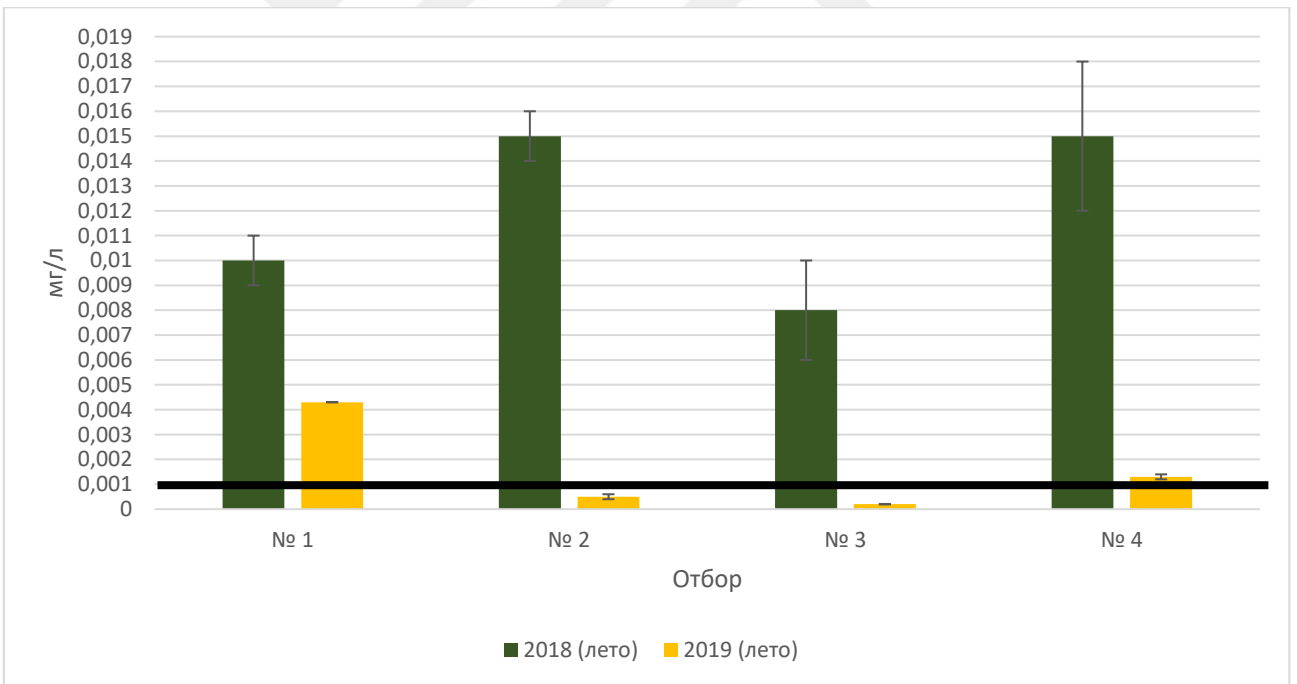
Исследования сезонной динамики содержания меди в воде (Рисунок 21) показали, что достоверное изменение концентрации меди наблюдается только в одной точке № 1, куда непосредственно стекает вода по трубе с территории НИФХИ, что может свидетельствовать о сбросе загрязненной воды через трубу. Однако следует отметить, что независимо от сезона во всех исследуемых точках зафиксировано превышение нормативов по содержанию меди в воде.

Положительная динамика по уменьшению меди в воде отмечена по результатам мониторинга 2018-2019 гг. (рисунок 22) во всех исследуемых точках отбора, за исключением точек № 2-3.



Источник: собственная разработка

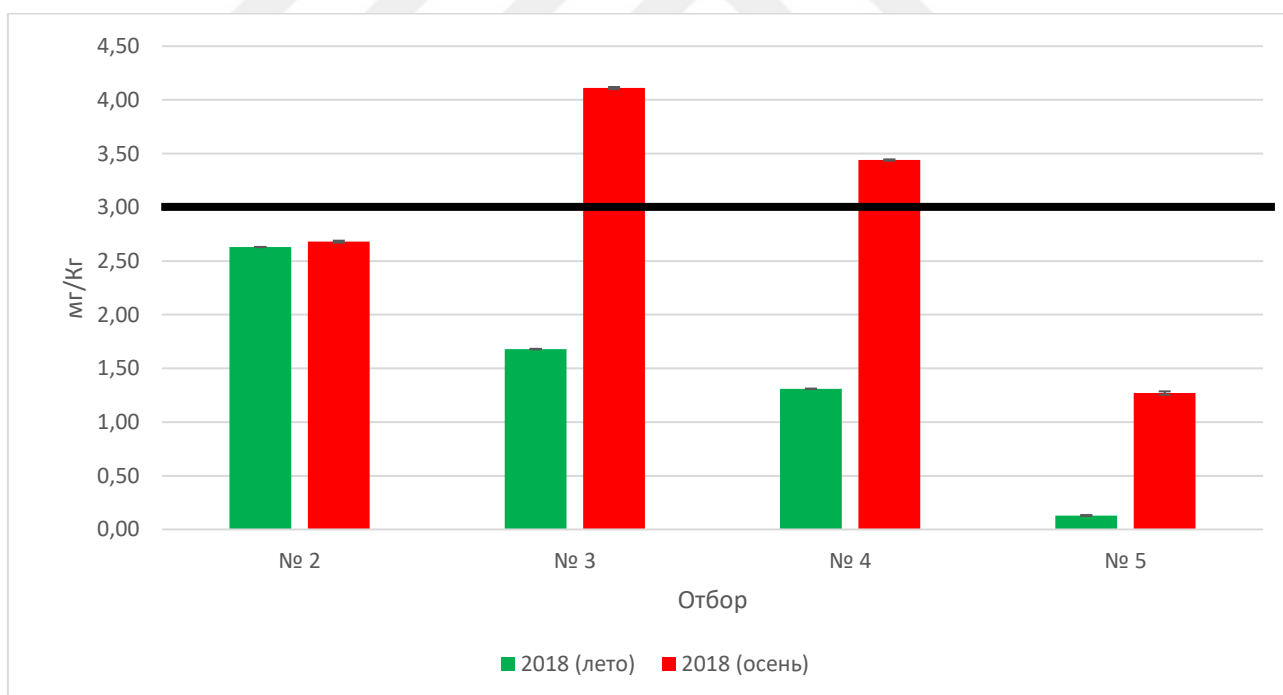
Рисунок 21 – Сезонная динамика меди в воде (ПДК 0,001 мг/л)



Источник: собственная разработка

Рисунок 22 – Годовая динамика меди в воде (ПДК 0,001 мг/л)

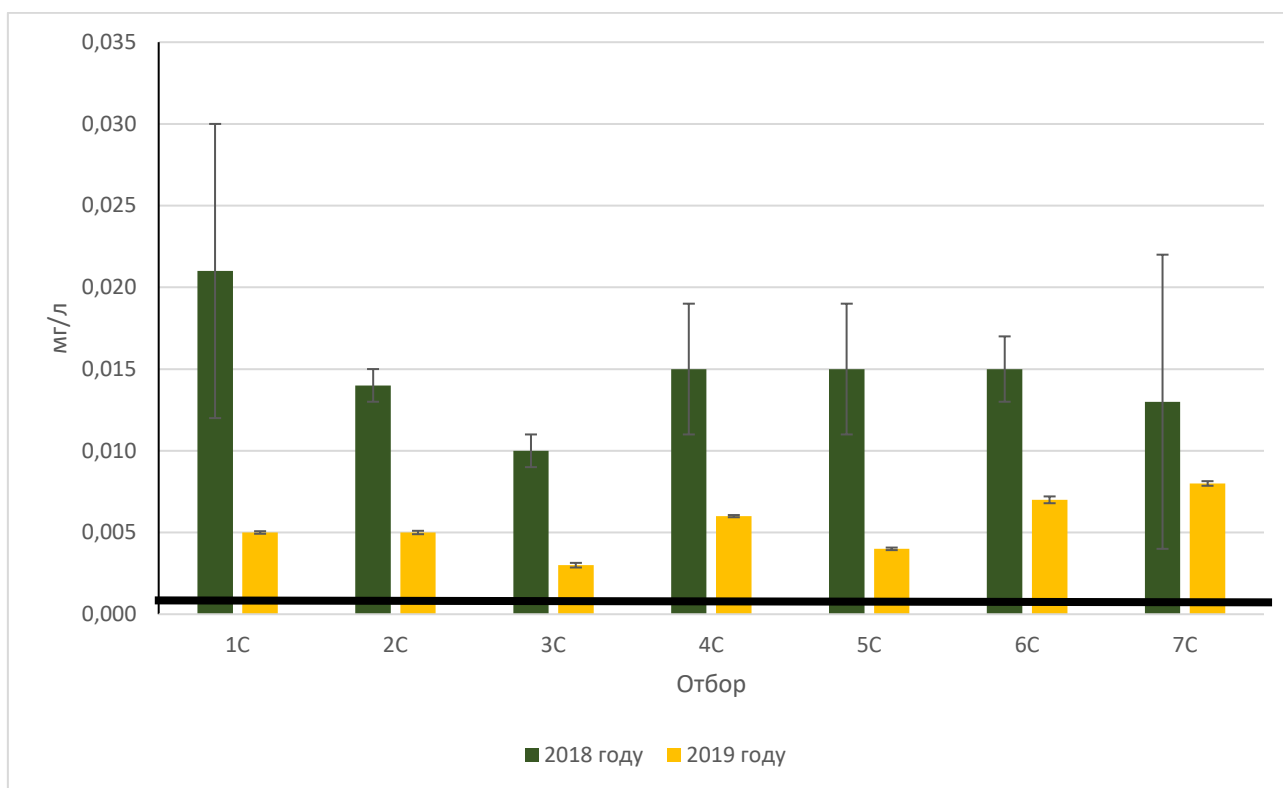
Результаты измерения содержания меди в донных отложениях летом и осенью 2018 г. (Рисунок 23) свидетельствуют о достоверном увеличении ее в донных отложениях в осенний период. Значительное увеличение приходится на водоемы в т. №3-4 в 2,43-2,63 раза. Как мы ранее отмечали данные водоемы не связаны никакими элементами гидротехнических сооружений с территорией института и такое значительное увеличение меди в донных отложениях может быть связано со сбросом сточных вод на рельеф. Однако самое большое увеличение концентрации меди в 9,77 раза приходится на реку Дырочная. Одной из причин такого резкого скачка содержания меди мы можем назвать сброс сточных вод, загрязнённых медью выше по течению, а именно в правый приток реки Дырочная, который используется для сброса дренажно-ливневых и хозяйственно-бытовых сточных вод с территории промышленной зоны «Мишково» Обнинска, а также для сброса дренажных вод от одного из микрорайонов и ливнеотведения ряда улиц наукограда.



Источник: собственная разработка

Рисунок 23 – Сезонная динамика меди в донных отложениях (ПДК 3 мг/кг)

Годовая динамика содержания меди в снеге (Рисунок 24), также как и в воде показала значительное снижение концентрации меди в 2019 году, по сравнению с 2018 годом.

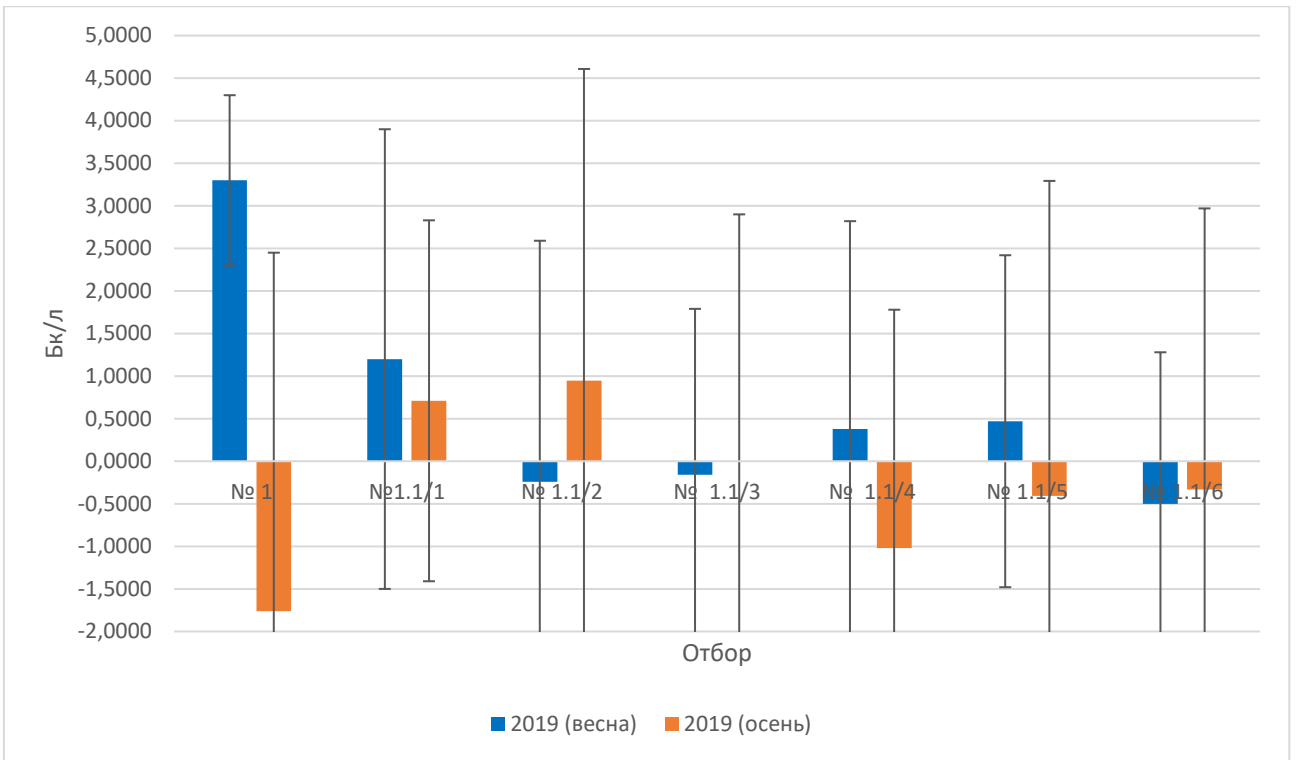


Источник: собственная разработка

Рисунок 24 – Годовая динамика меди в снежном покрове (ПДК 0,001 мг/л)

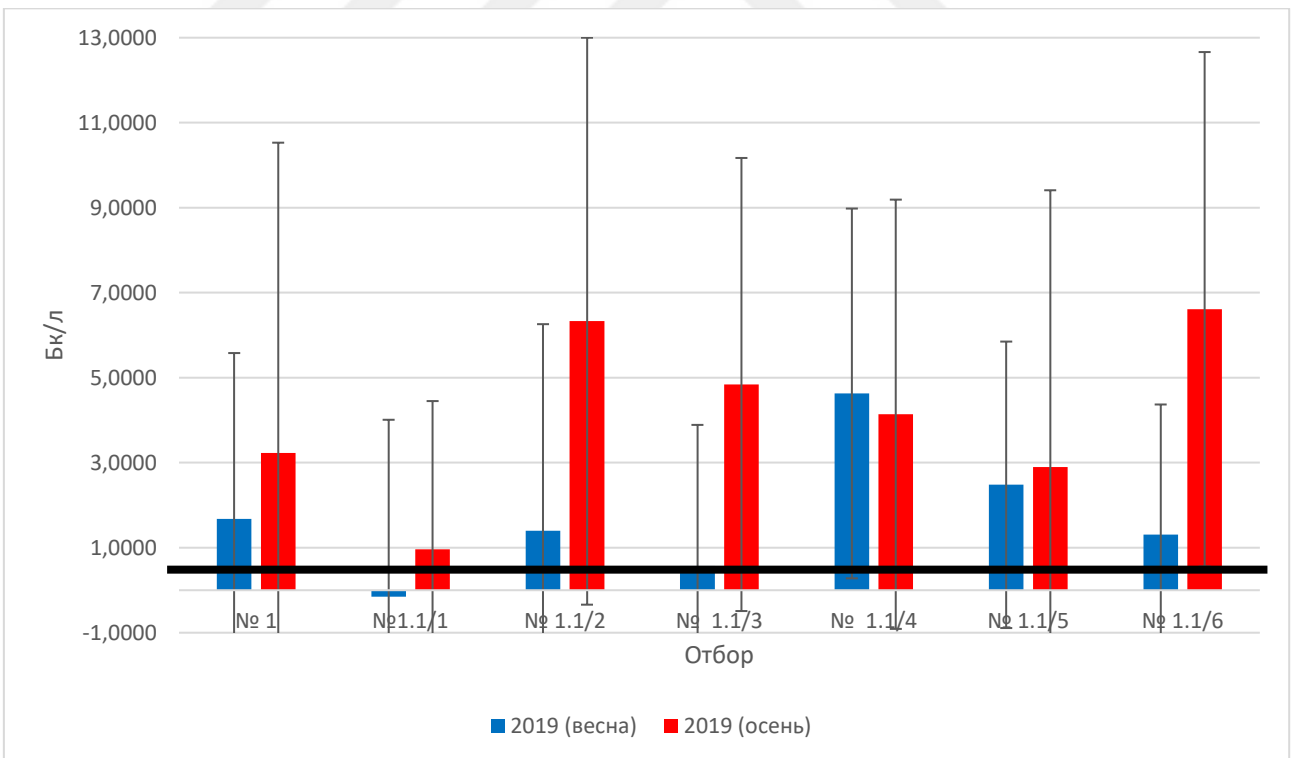
3.3.4 Радионуклиды

Полученные результаты измерения удельной активности радионуклидов в воде (Рисунок 25-26) не позволяют нам судить о их сезонной динамике в связи с недостоверными различиями измеренных значений и большими погрешностями измерений.



Источник: собственная разработка

Рисунок 25 - Сезонная динамика цезий-137 в воде



Источник: собственная разработка

Рисунок 26 - Сезонная динамика радий-226 в воде

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения преддипломной практики была достигнута цель работы и решены поставленные задачи. Полученные результаты исследования позволяют нам сделать следующие выводы:

1. Измерены значения водородного показателя в исследуемых объектах, согласно которым рН в воде в период лето-осень 2018 г. изменяется в диапазоне 5-6, что свидетельствует о закислении воды, а в период весна-лето-осень 2019 г. рН находится в пределах установленных нормативов.

Донные отложения по измеренным рН являются сильнощелочными, щелочными и слабокислотными. Значения рН снежного покрова около НИФХИ изменяются в диапазоне 6,5-7,4 и не превышает нормативные показатели рН снега.

Общая минерализация поверхностных вод составляет 40-392 мг/л, что позволяет отнести её к категории пресных вод (0,2-0,5 мг/л).

2. Определено, что содержание хлорид-ионов в воде, донных отложениях и снеге на протяжении исследуемого периода не превышает предельно допустимые концентрации хлоридов.

Установлено, что в летний и осенний периоды 2018 г. содержание меди в воде находится в диапазоне 0,008-0,016 мг/л и превышает ПДК 1,6-3 раза. Летом 2019г. отмечено значительное снижение концентрации меди в воде 0,0002-0,004 мг/л, что соответствует значениям нормативов. Содержание меди в донных отложениях в летний период находится в пределах ПДК, но превышает ее значения в осенний период в 1,1 – 325 раза, а в снеге (2018-2019 гг.) варьируется от 0,003 до 0,021 мг/л. и превышает ПДК 3-20 раз.

Измерено содержание общего железа в поверхностных водоемах в летний и осенний период 2018 г., которое составило 0,5-2,5 и 0,3-2,9 мг/л, соответственно, и практически во всех случаях превышает ПДК (0,3 мг/кг).

3. Определена удельная активность радионуклидов ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K в компонентах водных экосистем и снеге, которая не превышает установленные нормативы. Исключение составляют одна из точек весеннего отбора 2019 г., в которой зафиксировано содержание радиоцезия в воде 35,90 Бк/л и три точки отбора донных отложений, в которых рассчитанные плотности загрязнения (1,34-2,93 Ки/км²) позволяют их отнести к почвам с напряженной ситуацией (1 - 5 Ки/км²).

4. Анализ содержания химических загрязнителей и радионуклидов в исследуемых объектах в разные сезоны и года мониторинга показал, что сезонная динамика прослеживается только для концентраций хлорид-ионов в воде и для меди в донных отложениях. Годовая динамика хлорид-ионов в воде свидетельствует о повышении их содержания в 2019 г. и уменьшение меди в воде и снеге по сравнению с 2018 г. Полученные результаты измерения удельной активности радионуклидов в воде не позволяют нам судить о их сезонной динамике в связи с недостоверными различиями измеренных значений и большими погрешностями измерений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова» Отчет по экологической безопасности за 2015 год/ г.
2. АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова» Отчет по экологической безопасности за 2016 год/ г.
3. АО «Научно-исследовательский физико-химический институт им. Л.Я.Карпова» Отчет по экологической безопасности за 2018 год/ г.
4. Учебное пособие Чеснокова Светлана Михайловна, Савельев Олег Владимирович «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ»
5. Л.Н. Бельдеева Экологический мониторинг: Учебное пособие. АлтГТУ им. И.И.Ползунова. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ.122 с. 1999
6. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 21.11.2011) «Об охране окружающей среды» (принят ГД ФС РФ 20.12.2001)
7. ГОСТ 31861-2012. ВОДА. Общие требования к отбору проб. - Дата введения 2014.01.01. - М.: Изд-во стандартов, 2012 г. № 42.
8. ГОСТ 17.1.5.01-80. Межгосударственный стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность. -с Изменением N 1, утвержденным в марте 1981 г. (ИУС 6-81). - Дата введения 1982.01.01.
9. ГОСТ 17.1.5.05-85. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков. - Дата введения 1986.07.01. - М.: ФГУП "стандартинформ", 2010.
- 10.ГОСТ 17.1.5.04-81. Охрана и природы. Гидросфера приборы и устройства для отбора, первичной обработки хранения и проб природных вод. Общие технические условия. - Дата введения 01.01.84.- М.: Изд-во стандартов, 1982.

11. Приказ Минсельхоза РФ от 13.12.2016 N 552 "об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». - Дата введения 2016.12.13.- М.: Издательство стандартов, 2008.
12. Э.И. Денисова В.В. Карташов В.Н. Рычков Прикладное Материаловедение: Металлы и Сплавы Прикладное Материаловедение: Металлы и Сплавы Учебное Пособие
13. Справочник Мастера Машиностроительного Производства Авторы: Сергей Петухо
14. Учебное Издание Чеснокова Светлана Михайловна Гришина Елена Петровна Практикум По Экологическому Мониторингу
15. Воронежский Государственный Университет Факультет Географии и Геоэкологии Кафедра Геоэкологии и Мониторинга Окружающей Среды Радиоэкология Методические Указания Для Студентов 4 курса Отделения Геоэкологии Составитель Иванова Е.Ю. Воронеж 2000
16. Радиоэкологическая обстановка в регионах расположения предприятий Росатома Москва 2015 Под общей редакцией И.И. Линге и И.И. Крышева. — М.: «САМ полиграфист», 2015. — 296 с
17. Учреждение Образования «Белорусский Государственный Технологический Университет» Е.В. Дубоделова С.С. Ветохин Радиохимия
18. Содержание водородных ионов в природных водах: Методические указания Составитель Кузьмина И.А. - НовГУ, Великий Новгород, 2007.
19. Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки» В. В. Котов, Г.А. Нетесова Химия и микробиология воды Учебное пособие

20. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности НРБ-99/2009

Главный Государственный Санитарный Врач Российской Федерации
постановление СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности
НРБ-99/2009 от 7 июля 2009 года N 47 Об утверждении СанПиН 2.6.1.2523-
09

