



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

**«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра "ФИЗИКИ"

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**На тему «Оценка экологической безопасности
акватории реки Невы, связанная с нефтеразливами.»**

Исполнитель: студентка гр. Ф-Б13-1

Голубева Екатерина Павловна

Руководитель: Д.ф.-м.н. проф.

Биненко Виктор Иванович

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой _____

канд.ф.-м.н., доцент

Бобровский Анатолий Петрович

« » _____ 2017 г.

Санкт-Петербург

2017

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Актуальность проблемы.	4
Цели и задачи исследования.	5
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ О НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТАХ.....	6
1.1 Нефть, как полезное ископаемое.	6
1.2 Нефтепродукты.....	7
1.3 Разливы нефти.	8
1.4 Локализация разливов нефти и нефтепродуктов.	9
1.6 Методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.....	10
ГЛАВА 2. АНАЛИЗ ОБЪЕКТА ИССЛЕДОВАНИЙ, С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИКИ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ МОНИТОРИНГА НЕФТЕРАЗЛИВОВ.....	12
2.1 Физические принципы обнаружения следов нефтяных пятен на поверхности воды.....	12
2.2 Методы определения содержания нефтепродукта в воде	20
2.3 Фурье-спектрофотометр, оптическая плотность.	22
2.4 Анализатор нефти (АН-2), закон Бугера-Ламберта-Бера.	27
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ СОБРАННОЙ СТАТИСТИКИ И РАСЧЁТ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ.....	29
3.1 Собранная статистика о нефтеразливах.....	29
3.2 Расчёт экологического риска.	45
3.3 Экономический риск.	52
Заключение.	53
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:	55

Введение

Человек, понимая всю важность роли воды в его жизни, всё равно продолжает жёстко эксплуатировать водные объекты, изменяя их естественный режим сбросами и отходами. Среди многочисленных вредных и очень токсичных веществ антропогенного происхождения, попадающих в окружающую среду, нефтепродуктам принадлежит одно из первых мест. Работа автотранспорта и предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, газообразные выбросы и сточные воды промышленных предприятий, многочисленные разливы нефти и НП в результате аварий трубопроводов и нефтеналивных судов (танкеров), аварий и пожаров на нефтехранилищах и нефтеперегонных заводах приводят к загрязнению воздуха, воды и почвы значительными количествами сырой нефти и продуктов её переработки и создают серьёзную угрозу экологии регионов России. В данной работе будет рассматриваться тема загрязнения акватории Невы нефтью и нефтепродуктами, а именно проблема экологической безопасности акватории реки Невы связанной с нефтеразливами. Значительная часть всего потока нефтепродуктов России проходит через северо-западный регион, в том числе и через морской порт Санкт-Петербурга. Значительный транзитный поток и оборот нефтепродуктов в Санкт-Петербурге не может не сопровождаться негативным влиянием на окружающую среду и жизнедеятельность города.

В данной работе будут показаны схемы и принципы работы приборов дистанционного зондирования, рассмотрены методы определения нефтепродуктов в воде. Вы познакомитесь с такими понятиями как Нефть и Нефтепродукты, узнаете с помощью каких приборов можно провести локализацию нефтепродуктов, и их удаления с водной поверхности.

Будет проведён анализ собранных данных, будут посчитаны экологические риски за период с 1999 по 2015 год.

Актуальность проблемы.

Нева это не только символ Санкт-Петербурга, но и единственный источник питьевой воды для миллионов жителей города и некоторых населенных пунктов Ленинградской области. В отличие от большинства городов-миллионников, Петербург практически не имеет альтернативных источников водоснабжения, кроме Невы. По результатам исследований уровень загрязнения воды в реке Неве и Финском заливе намного превышает все допустимые нормы. Проблема загрязнения Невы нефтью и нефтепродуктами является актуальной, так как водозабор с неё для водоснабжения города осуществляется в центральной части г. Санкт-Петербурга.

Нефть и нефтепродукты способны растекаться по поверхности воды тонким слоем, покрывая огромные поверхности. Все видели радужные пленки нефти на поверхности дождевых потоков, стекающих с поверхности автодорог. Такие пленки резко затрудняют поступление кислорода из атмосферы и понижают его содержание в воде.

Цели и задачи исследования.

Объектом исследования дипломной работы являются нефтеразливы на акватории реки Невы.

Предмет исследования – физико-химические методы мониторинга нефтеразливов и анализ рисков нефтезагрязнений на акватории Невы.

Цель работы: Оценка экологического риска связанная с нефтеразливами на акватории реки Невы.

Задачи:

1. Обзор методов мониторинга нефтеразливов на р.Неве и рассмотреть способы локализации и сбора нефтепродуктов.
2. Используя значение оптической, плотности посчитать графически концентрацию.
3. Собрать данные о прохождении судов, в том числе и нефтеналивных по Неве и данные о нефтеразливах, произошедших в период с 1999 по 2015 годы.
4. На основе собранной статистики рассчитать частоту нефтеразливов по отношению к числу нефтеналивных танкеров по реке Неве за период с 1999 по 2015 года.
5. Используя формулу Пуассона, рассчитать оценку вероятности нефтеразливов на реке Неве с 1999 по 2015 гг.
6. Оценить величину изменчивости концентрации нефтепродуктов на акватории Невы на основе использования Фурье-спектрометра и анализатора нефти АН-2
7. Рассчитать экологический ущерб связанный с нефтеразливами в период с 1999 по 2015 года.

Глава 1. Общие понятия о нефти и нефтепродуктах

1.1 Нефть, как полезное ископаемое.

Нефть - полезное ископаемое, представляющее из себя маслянистую жидкость. Это горючее вещество, часто черного цвета, хотя цвета нефти в разных районах различаются. С химической точки зрения нефть - это сложная смесь углеводородов с примесью различных соединений, например, серы, азота и других. Ее запах также может быть различным, так как зависит от присутствия в ее составе ароматических углеводородов, сернистых соединений[11].

Углеводороды, из которых состоит нефть, - это химические соединения состоящие из атомов углерода (С) и водорода (Н). В общем виде формула углеводорода - C_xH_y . Простейший углеводород, метан - CH_4 . Метан - легкий углеводород, всегда присутствует в нефти[11].

С химической точки зрения обычная (традиционная) нефть состоит из следующих элементов: Углерод – 84%, Водород – 14%, Сера – 1-3% (в виде сульфидов, дисульфидов, сероводорода и серы как таковой), Азот – менее 1%, Кислород – менее 1%, Металлы – менее 1% (железо, никель, ванадий, медь, хром, кобальт, молибден и др.), Соли – менее 1% (хлорид кальция, хлорид магния, хлорид натрия и др.)[11].

Нефть (и сопутствующий ей углеводородный газ) залегает на глубинах от нескольких десятков метров до 5-6 километров. При этом на глубинах 6 км и ниже встречается только газ, а на глубинах 1 км и выше - только нефть. Залегает нефть в горных породах называемых коллекторами. Пласт-коллектор - это горная порода способная вмещать в себе флюиды, т.е. подвижные вещества (это могут быть нефть, газ, вода). Упрощенно коллектор можно представить как очень твердую и плотную губку, в порах которой и содержится нефть[11].

1.2 Нефтепродукты.

Нефтепродукты - смеси углеводородов и некоторых их производных, а также индивидуальные химические соединения, получаемые при переработке нефти и используемые в качестве топлив, смазочных материалов, электроизоляционных сред, растворителей, дорожных покрытий, нефтехимического сырья и для других целей[11].

Топлива (газообразные и жидкие) составляют одну из главных групп нефтепродуктов. К ним относятся различные продукты переработки газов нефтяных попутных (газовый бензин - компонент автомобильных бензинов, пропан-бутановая фракция - моторное топливо и топливо коммунально-бытового назначения, изобутан - сырьё для получения высокооктановых компонентов моторных топлив), газы нефтепереработки, бензин, керосин, мазут. Эта обширная группа составляет около 63% от всех нефтепродуктов[11].

Масла нефтяные составляют вторую по объёму и значению группу нефтепродуктов. Это главным образом смазочные масла. Важную группу масел представляют электроизоляционные масла и технологические масла[11].

Нефтяные технические битумы составляют третью по объёму производства группу товарных нефтепродуктов, имеющих широкое применение в народном хозяйстве: дорожные, строительные битумы и др[11].

Технические битумы получают концентрацией (вакуумной перегонкой) и окислением (продувкой воздухом) остатков от перегонки нефти, содержащих большое количество асфальто-смолистых и тяжёлых гетероциклических соединений[11].

Значительную группу нефтепродуктов составляют так называемые твёрдые углеводороды: парафины, церезины, вазелины, петролатумы, озокериты и др.[11].

1.3 Разливы нефти.

Разлив нефти — попадание нефти в окружающую среду в результате действий человека[6].

Предупреждение и ликвидация разливов нефти и нефтепродукты — комплекс мероприятий, направленных на недопущение загрязнения окружающей среды нефтепродуктами, обеспечение оперативной готовности экологических аварийных служб, ликвидацию аварийных ситуаций, связанных с разливом нефтепродуктов, а также других неотложных работ, проводимых при возникновении чрезвычайных ситуаций и направленных на сохранение здоровья людей, снижение размера ущерба, нанесенного окружающей среде, а также материальных потерь[6].

Разливы нефти и нефтепродуктов классифицируются как чрезвычайные ситуации — ЧС(Н) - и ликвидируются в соответствии с законодательством Российской Федерации. В зависимости от объёма и площади разлива нефти и нефтепродуктов на местности, во внутренних пресноводных водоёмах выделяются чрезвычайные ситуации следующих категорий:

- локального значения — разлив от нижнего уровня разлива нефти и нефтепродуктов до 100 тонн нефти и нефтепродуктов на территории объекта[6];

- муниципального значения — разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы муниципального образования либо разлив до 100 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы территории объекта[6];

- территориального значения — разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов в пределах административной границы субъекта Российской Федерации либо разлив от 100 до 500 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы муниципального образования;[6]

- регионального значения – разлив от 1000 до 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив от 500 до 1000 тонн нефти и нефтепродуктов, выходящий за пределы административной границы субъекта Российской Федерации[6];

- федерального значения – разлив свыше 5000 тонн нефти и нефтепродуктов либо разлив нефти и нефтепродуктов вне зависимости от объёма, выходящий за пределы государственной границы, Российской Федерации, а также разлив нефти и нефтепродуктов, поступающий с территорий сопредельных государств(трансграничного значения)[6];

Исходя из местоположения разлива и гидрометеорологических условий, категория чрезвычайной ситуации может быть повышена[6].

Работы по ликвидации последствий аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водной поверхности подразделяются на три этапа: обнаружение разлива, локализация разлива и сбор и (или) ликвидация разлившихся нефтепродуктов [6].

Основная задача при ликвидации последствий аварийных разливов нефтепродуктов на водной поверхности – ни при каких обстоятельствах не допустить загрязнения береговой полосы, так как в этом случае затраты на ликвидацию последствий аварии возрастают многократно[6].

1.4 Локализация разливов нефти и нефтепродуктов.

Основными средствами локализации разливов нефти и нефтепродуктов в акваториях являются боновые заграждения. Главные функции боновых заграждений: предотвращение растекания нефти на водной поверхности, уменьшение концентрации нефти для облегчения цикла уборки, и отвод (траление) нефти от наиболее экологически уязвимых районов[5].

Все типы боновых заграждений состоят из следующих основных элементов: поплавок, обеспечивающего плавучесть бона; надводной части, препятствующей перехлестыванию нефтяной пленки через боны; подводной

части (юбки), препятствующей уносу нефти под боны; груза (балласта), обеспечивающего вертикальное положение бонов относительно поверхности воды; элемента продольного натяжения (тягового троса), позволяющего бонам при наличии ветра, волн и течения сохранять конфигурацию и осуществлять буксировку бонов на воде; соединительных узлов, обеспечивающих сборку бонов из отдельных секций; устройств, для буксировки бонов и крепления их к якорям и буям[5].

При разливах ННП в акваториях рек, где локализация бонами из-за значительного течения затруднена или вообще невозможна, рекомендуется сдерживать и изменять направление движения нефтяного пятна судами-экранами, струями воды из пожарных стволов катеров, буксиров и стоящих в порту судов[5].

После того как разлившаяся нефть удастся локализовать и сконцентрировать, следующим этапом является ее ликвидация[5].

1.6 Методы ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов.

Существует несколько методов ликвидации разлива ННП: механический, термический, физико-химический и биологический[5].

Одним из главных методов ликвидации разлива ННП является механический сбор нефти. Наибольшая эффективность его достигается в первые часы после разлива. Это связано с тем, что толщина слоя нефти остается достаточно большой[5].

Термический метод, основанный на выжигании слоя нефти, применяется при достаточной толщине слоя и непосредственно после загрязнения, до образования эмульсий с водой[5].

Физико-химический метод с использованием диспергентов и сорбентов эффективен при малой толщине пленки. Сорбенты при взаимодействии с водной поверхностью впитывают ННП, достигается максимальное

насыщение, после чего образуются комья материала, насыщенного нефтью. Диспергенты представляют собой специальные химические вещества, которые расщепляют нефтяную пленку и не дают ей распространяться [5].

Биологический метод используется при толщине пленки не менее 0,1 мм. Биоремедиация – это технология очистки нефтезагрязненной почвы и воды, с помощью специальных, углеводородокисляющих микроорганизмов или биохимических препаратов. При температуре воды 15-25 С° и достаточной насыщенности кислородом микроорганизмы могут окислять ННП [5].

Для очистки акваторий и ликвидации разливов нефти используются нефтесборщики, мусоросборщики и нефтемусоросборщики с различными комбинациями устройств, для сбора нефти и мусора (нефтесборные устройства, или скиммеры, предназначены для сбора нефти непосредственно с поверхности воды) [5].

Глава 2. Анализ объекта исследований, с помощью статистики и физико-химических методов мониторинга нефтеразливов.

2.1 Физические принципы обнаружения следов нефтяных пятен на поверхности воды.

В основе физических методов дистанционного зондирования лежат спектральные особенности различных видов нефтепродуктов, а также возможность их индикации с помощью УФ, видео и ИК-камер и сканеров-флуориметров, микроволновых радиометров и радиолокаторов установленных на различных носителях от самолётов до спутников[1].

Отражательная способность нефтяных пятен различна. Нефтепродукты отражают больше, чем вода, также как они сильнее излучают на фоне воды в микроволновом диапазоне (34 и 12.5 ГГц) что и позволяет осуществлять их дискриминацию путём использования ИК-камер, ИК-сканеров и микроволновых радиометров. Спектральные особенности углеводоро-содержащих разливов на фоне воды существуют не только в области 300-420 нм, 800-950 нм, но и также в ИК области вне полосы и вблизи максимального поглощения нефти на длинах волн 1700 и 2350 нм[1].

Исследование спектров люминесценции образцов сырой нефти показали, что при возбуждении на длинах волн от 280 до 360 нм флуоресценция наблюдалась в видимой области, в частности, вблизи 480 нм (рис.1.1)[1].

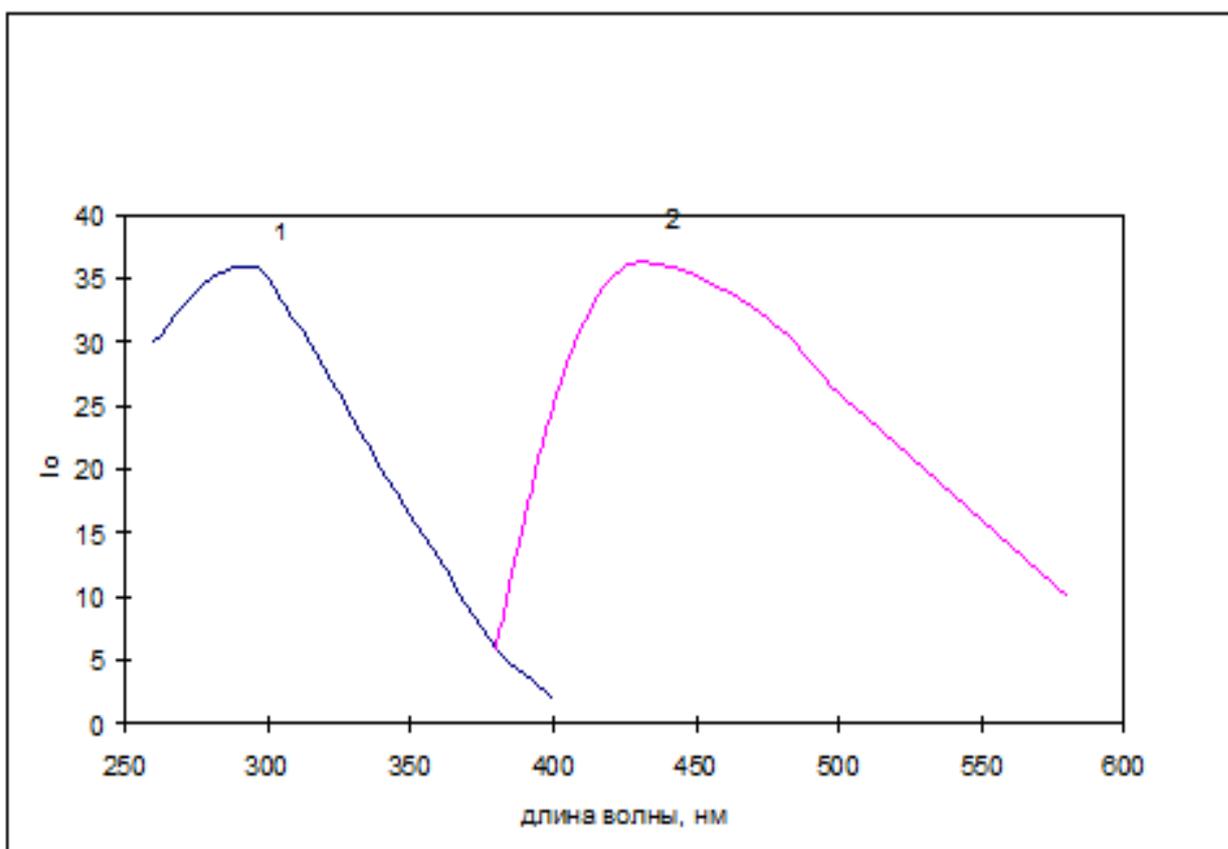


Рис.2.1. Спектры люминесценциигексанового раствора сырой нефти (50мг/л)при возбуждении на длинах волн 280(1) и 360(2) нм.

Таким образом при наличии солнечной подсветки или при использовании УФ-лазера (например, ХеСl

на 308 нм), синхронизированно работающего со сканером или видео-камерой возможно обнаружение разливов нефти или углеводоро-содержащих производных с летающих носителей, в том числе и с ИСЗ ,самолётов –лабораторий.

Спектры поглощения некоторых производных нефтепереработки -бензина и дизельного топлива представлены на рисунках (2.2 и 2.3)из которых видно, что между поглощением и концентрацией исследуемых образцов существует зависимость близкая к прямо пропорциональной[1].

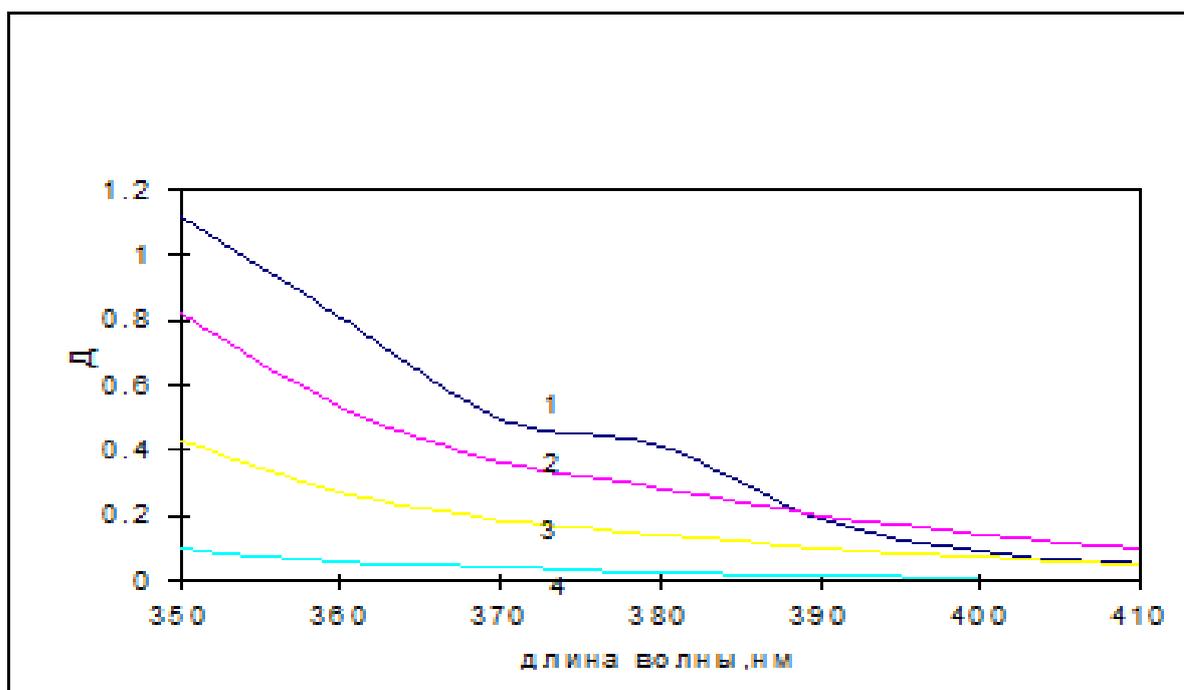


Рис.2.2. Спектры поглощения нефтяных углеводородов: 1-бензин А-76,2-раствор дизельного топлива в гексане,100мг/л, 3- то же 50мг/л.,4-то же, 10мг/л.

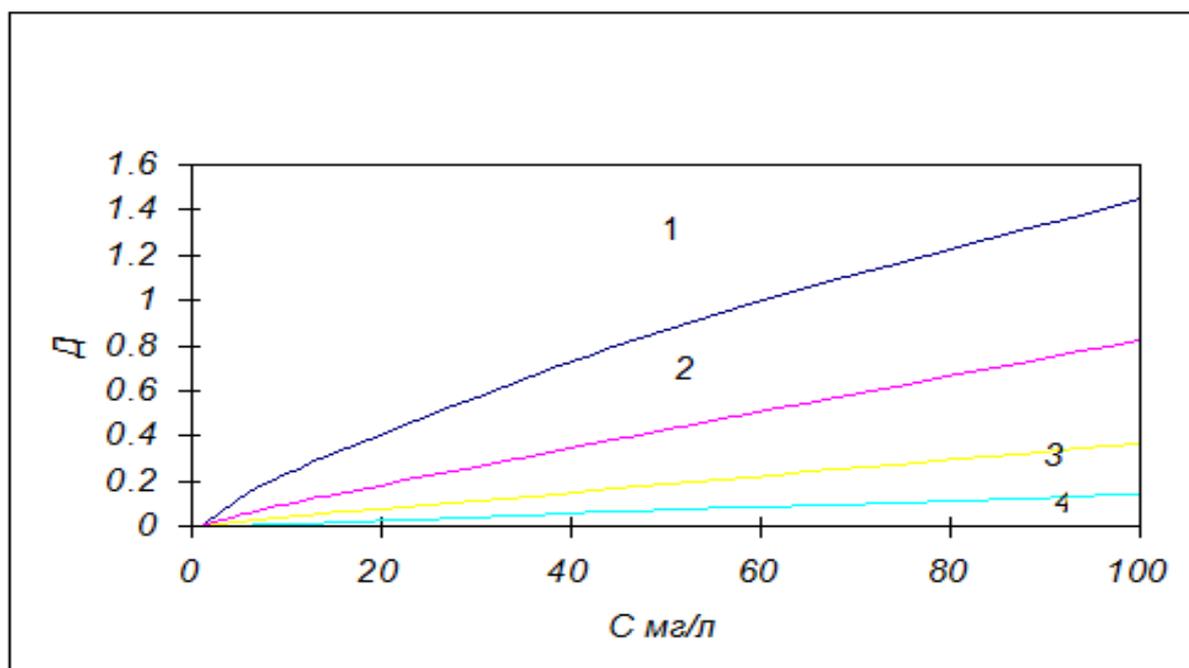


Рис.2.3 Зависимость поглощения (D)от концентрации (C) гексанового раствора дизельного топлива на длинах волн 320,350,370и 400 нм(1-4).

Эта пропорциональная зависимость позволяет иметь флуоресцентный отклик также пропорциональный толщине исследуемых образцов и апробировать

калибровку приборов для дистанционного зондирования разливов нефти и иных видов жидкого топлива[1].

Спектры отражения воды и некоторых видов жидкого топлива, полученные с помощью фотометра ФМ-85 с интегрирующей сферой и с нижним расположением входного отверстия для исследуемых объектов (рис.1.4),

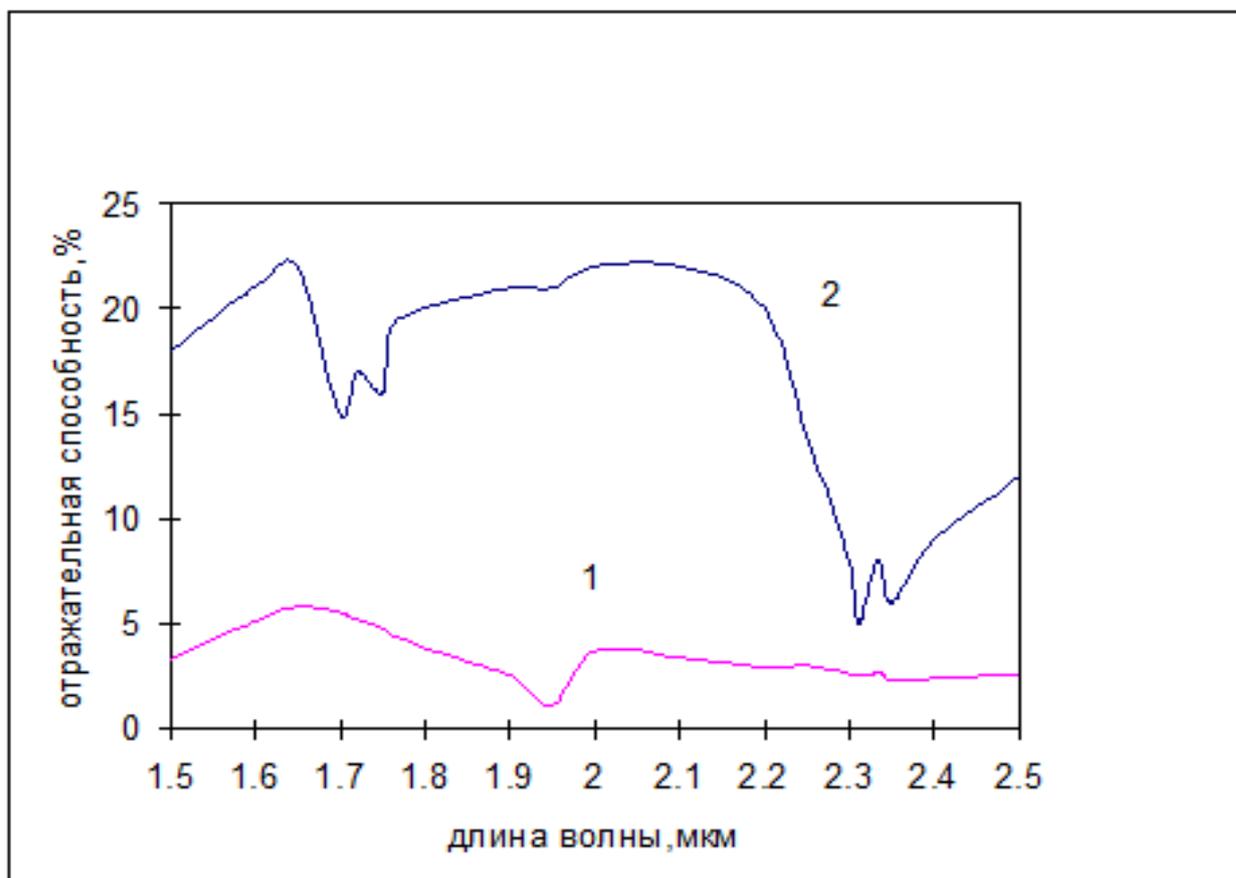


Рис.2.4. Спектры отражения воды(1) и плёнки нефти на поверхности воды(2).

Они показывают, что отражение этих образцов по сравнению с водой имеет спектральные особенности, которые позволяют отличать углеводородсодержащие разливы на фоне воды в области 300-420 нм, 800-950 нм, а также на основе би-спектрального метода вне полосы и вблизи максимального поглощения нефти на длинах волн 1700 и 2350 нм[1].

Отражательная способность дизельного топлива и моторного масла различна. Моторное масло отображается наиболее ярко на фоне (рис.1.5)

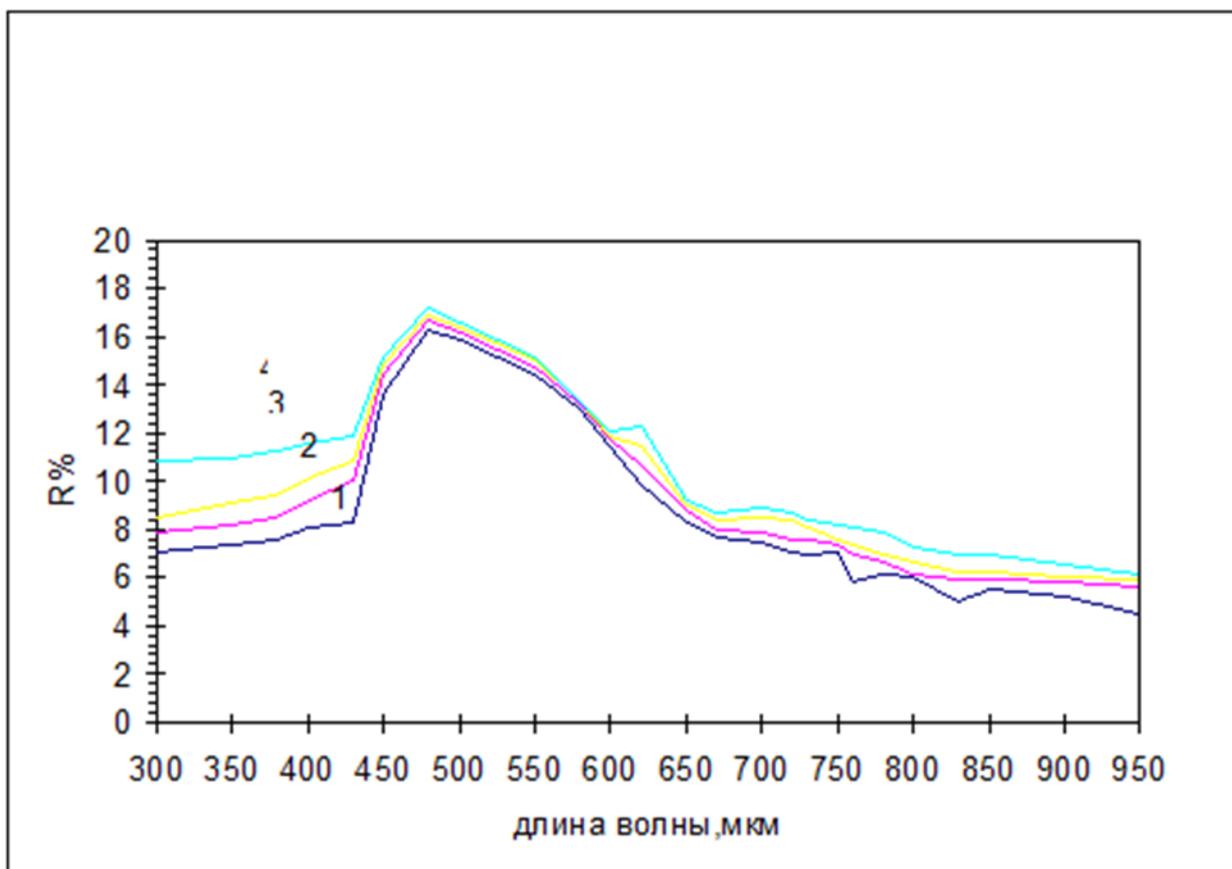


Рис.2.5 спектры отражения воды (1), бензина (2), дизельного топлива (3) и моторного масла (4).

Для наглядного представления физических методов дистанционного зондирования, в данной работе представлены снимки с использованием видеоцифровой аэросъемки в видимой, УФ, ИК-областях[1].

Эти снимки были получены с помощью аэромобильных средств. Основными задачами этих средств является проведение инфракрасной, ультрафиолетовой, и видеоцифровой, аэросъемок акватории дельты Невы, Невской губы и кромки берега[1].

На рис.2.6 и рис.2.7 представлено полученное с помощью УФ-камеры изображение смоделированного разлива дизельного топлива и моторного масла.

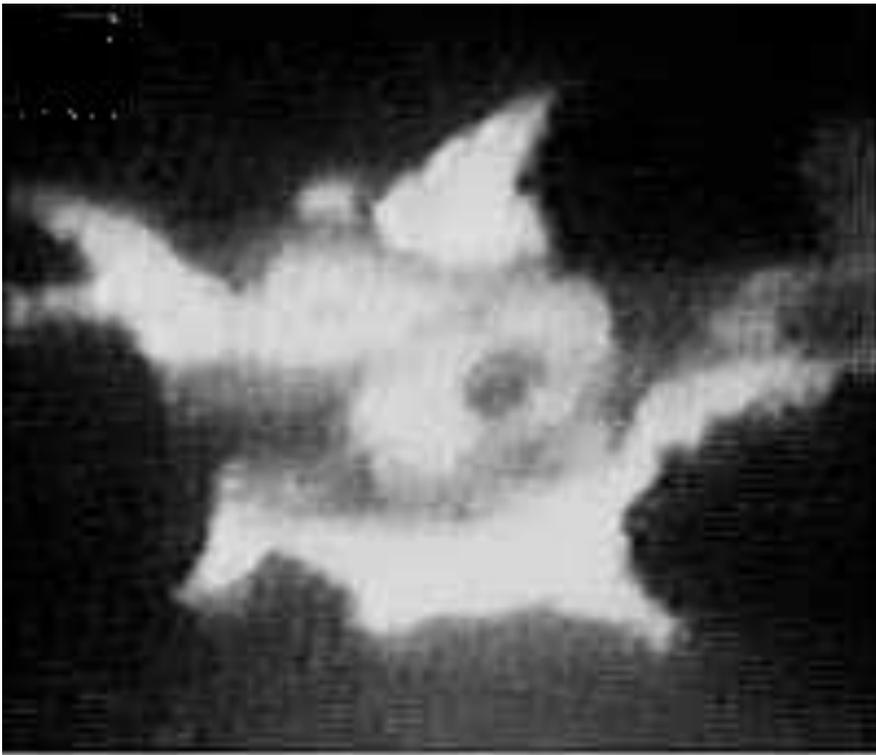


Рис.2.6 Смоделированный разлив нефтепродуктов в (УФ-области спектра)



Рис.2.7. Снимок водной поверхности Финского залива, произведённый с помощью видеоспектрометра ультрафиолетового диапазона. Белые пятна на снимках обозначают разливы нефти.

На рис.2.8, рис.2.9 и рис.2.10 представлено изображение в видимой области характеризующие контроль за акваторией с использованием видеоцифровойаэросъёмки.

Рис.2.8.

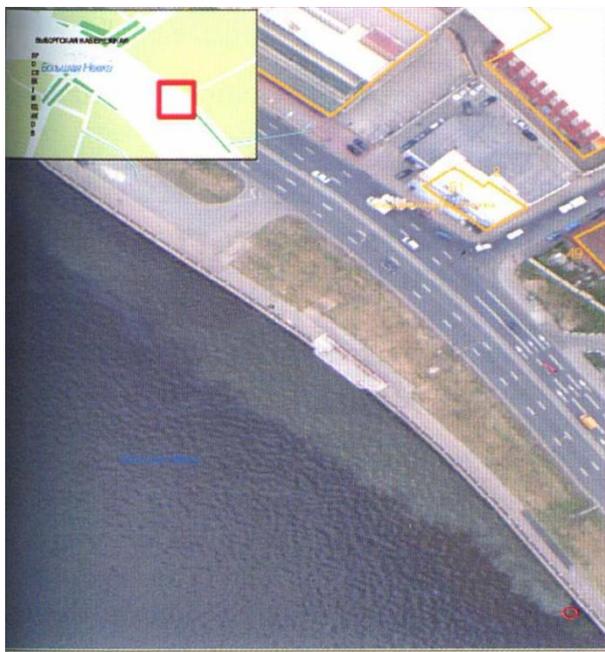


Рис.2.9.



Рис.2.8Грязевой шлейф в акваториюБольшой Невки, Выборгскаянаб

Рис.2.9 Шлейф нефтепродуктов в устье рекиСлавянка у Рыбацкого моста.



Рис.2.10. Разлив нефтепродуктов на р. Ижора 31 мая 2006 г.

На борту аэромобильных средств с помощью которых мы получаем данные снимки устанавливается следующая регистрирующая аппаратура :

- Тепловизор;
- Цифровая цветная камера;
- Видеоспектр ультрафиолетового диапазона длин волн;
- Навигационный комплекс.

На рис.2.11 изображён снимок загрязнения в ИК спектре.



Рис 2.12 Шлейф нефтепродуктов в р. Охта у Ириновского моста

Таким образом, обеспечение экологической безопасности прибрежной акватории в районе портовых сооружений, нефтяных платформ возможно решить на основе комплексного экологического мониторинга.

2.2 Методы определения содержания нефтепродукта в воде .

В настоящее время применяют методы определения содержания нефтепродуктов в воде, основанные на различных физических свойствах нефтепродуктов:

Метод ИК-спектрофотометрии

Гравиметрический метод

Флуориметрический метод

Метод газовой хроматографии.

Метод ИК-спектрофотометрии (ПНД Ф 14.1:2:4.168; МУК 4.1.1013-01, НДП 20.1:2:3.40-08) заключается в выделении эмульгированных и растворенных нефтяных компонентов из воды экстракцией четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении НП от сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия, и количественном их определении по интенсивности поглощения С-Н связей в инфракрасной области спектра. Диапазон измеряемых концентраций: 0,02 – 2,00 мг/дм³. Погрешность методики при P=0,95 (±δ, %): 25 – 50% [4].

Гравиметрический метод (ПНД Ф 14.1:2.116-97) основан на извлечении нефтепродуктов из анализируемых вод органическим растворителем, отделении от полярных соединений других классов колоночной хроматографией на оксиде алюминия и количественном определении гравиметрическим методом. Диапазон измеряемых концентраций: 0,30 – 50,0 мг/дм³. Погрешность методики при P=0,95 (±δ, %): 25 – 28% (для природных вод), 10 – 35% (для сточных вод)[4].

Флуориметрическим методом (ПНД Ф 14.1:2:4.128-98). Данный метод основан на экстракции нефтепродуктов гексаном из пробы воды и измерении интенсивности флуоресценции экстракта на анализаторе жидкости «Флюорат-02». Диапазон измеряемых концентраций: 0,005 – 50,0 мг/дм³. Погрешность методики при P=0,95 (±δ, %): 25 – 50%. Преимуществами этого метода определения НП являются высокая чувствительность и экспрессность анализа[4].

Методом газовой хроматографии (ГОСТ 31953-2012) определяют массовую концентрацию нефтепродуктов в питьевой воде, в том числе расфасованной в емкости, природной (поверхностной и подземной) воде, в том числе воде источников питьевого водоснабжения, а также в сточной воде с массовой концентрацией нефтепродуктов не менее 0,02 мг/дм³[4].

Метод основан на экстракционном извлечении нефтепродуктов из пробы воды экстрагентом, очистке экстракта от полярных соединений сорбентом, анализе полученного элюата на газовом хроматографе, суммировании площадей хроматографических пиков углеводородов в диапазоне времен удерживания равным и (или) более н-октана и расчете содержания нефтепродуктов в воде по установленной градуировочной зависимости[4].

Этот метод позволяет определить не только общее содержание нефтепродуктов, но и проводить идентификацию состава нефтепродуктов. Погрешность методики при $P=0,95$ ($\pm\delta$, %): 25 – 50% [4].

2.3 Фурье-спектрофотометр, оптическая плотность.

Для качественного анализа и количественного определения углеводородов используют определённые приборы: Фурье спектрофотометр и анализатора нефти АН-2. [4]

Фурье спектрофотометр получает информацию о спектральном составе ИК излучения и следовательно о оптических свойствах исследуемых проб.

Основную часть Фурье спектрофотометра занимает интерферометр Майкельсона.

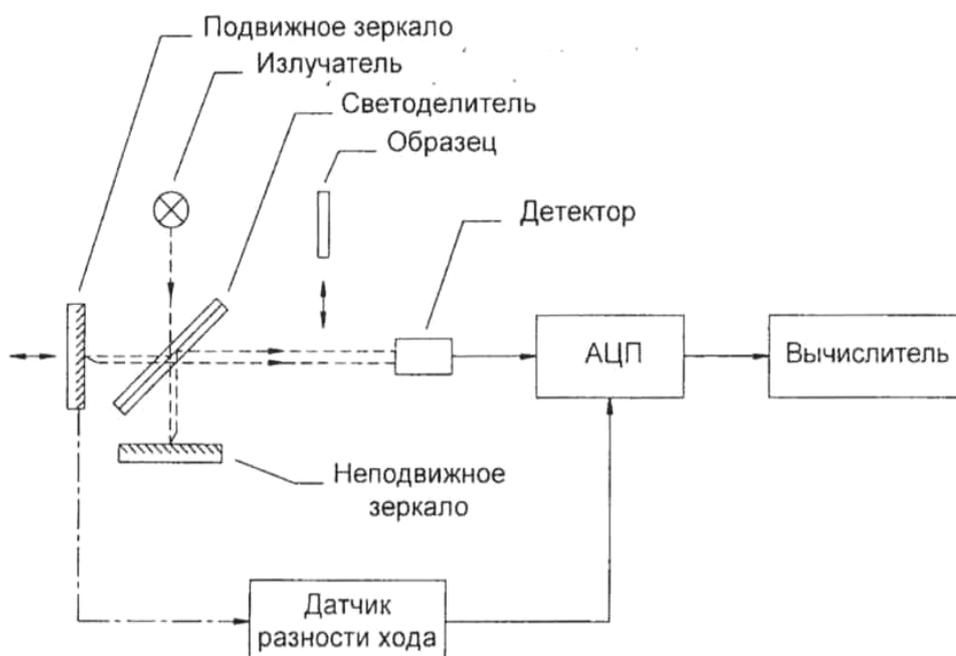


Рисунок 1. Блок схема Фурье-спектрометра.

Идущие от *излучателя* ИК лучи разделяются *светоделителем* на два когерентных пучка. Один пучок направляется в сторону *неподвижного зеркала* другой в сторону *подвижного зеркала*, эти пучки отражаются от зеркал и возвращаются на *светоделитель* и соединяются. Эти два пучка интерферируют между собой, в результате они могут либо усиливать, либо ослаблять друг друга в зависимости от *разности хода* между ними. В фокальной плоскости объектива возникают интерференционные полосы, которые можно наблюдать визуально или регистрировать *детектором*. [3]

Оптическая плотность определяется по формуле(1) :

$$D_{\lambda} = - \lg(S_{\lambda}/S_{0\lambda})(1).$$

где S_{λ} - интенсивность прошедшего через образец излучения;

$S_{0\lambda}$ - интенсивность падающего на образец излучения;

Так же формулу нахождения оптической плотности можно записать в виде:

$$D_{\lambda} = l * \sum_{i=1}^N a_{i\lambda} * C_i(2).$$

где l – толщина образца;

a_λ - показатель поглощения среды;

C_i – концентрация вещества;

Совместив формулу 1 и 2, получим выражение:

$$- \lg(S_\lambda / S_{0\lambda}) = l * \sum_{i=1}^N a_{i\lambda} * C_i \quad (3).$$

Оптическая плотность - величина аддитивная для многокомпонентных растворов [3].

Зависимость регистрируемого сигнала $I(x)$ от оптической разности хода пучков в интерферометре x называется интерферограммой. Максимум сигнала интерферограммы соответствует нулевой разности хода, так как в этом случае все спектральные составляющие излучения пучков приходят в точку приема в фазе. Интерферограмма содержит информацию о спектральном составе излучения. Спектр интенсивности $S(a)$ получается с помощью обратного Фурье-преобразования интерферограммы:

$$S(\sigma) = 2 \int_0^{X_{max}} \left[I(x) - \frac{1}{2} I(0) \right] \exp(i2\pi\sigma x) dx \quad (4).$$

где: σ -волновое число;

I_0 - падающего на образец света,

X_{max} - максимальная оптическая разность хода

Спектр интенсивности зависит от спектра излучателя, спектральных характеристик элементов оптической схемы Фурье-спектрометра и детектора. []

Спектр пропускания рассчитывается как отношение спектра интенсивности излучения, прошедшего через образец, к спектру интенсивности излучения, падающего на образец :

$$T(\sigma) = \frac{S(\sigma)}{S_0(\sigma)} \quad (5).$$

Где: $S(\sigma)$ – спектр интенсивности излучения, прошедшего через образец;

$S_0(\sigma)$ – спектр интенсивности излучения, падающего на образец.

и является характеристикой, зависящей только от свойств исследуемого образца (пропускание обычно выражают в %). Из величины пропускания можно определить оптическую плотность:

$$D(\sigma) = -\log T(\sigma) \quad (6).$$

Мне были предоставлены данные спектров стандартных образцов дизельного топлива с концентрацией 0.05, 0.2, 0.30, 0.4. мг/л. Результаты измерений представлены на рис.2.13, точнее перед нами график отношения интенсивностей S_0/S_i .

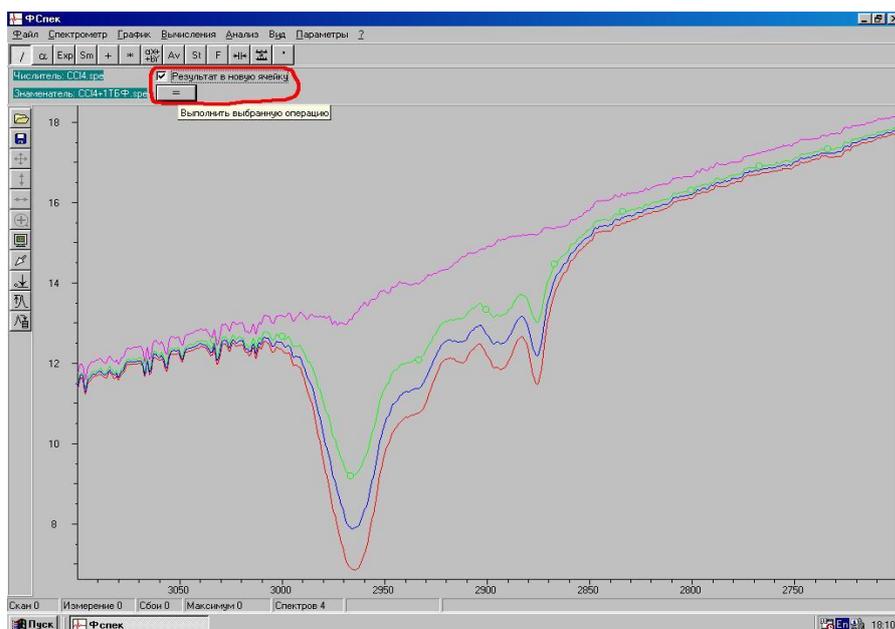


Рис.2.13. Результаты измерения спектров стандартных образцов дизельного топлива с концентрацией 0.05, 0.2, 0.30, 0.4. мг/л

Мне были предоставлены данные оптической плотности и соответствующей ей концентрации.

Таблица 2.1. Оптическая плотность и концентрация.

D_k	0,1	0,39	0,58	0,78	0,71
C_k мг/л	0,05	0,2	0,3	0,4	?

Задача состояла в том, чтобы рассчитать концентрацию, используя оптическую плотность, графически.

Был построен график зависимости оптической плотности от концентрации рис.2.14.

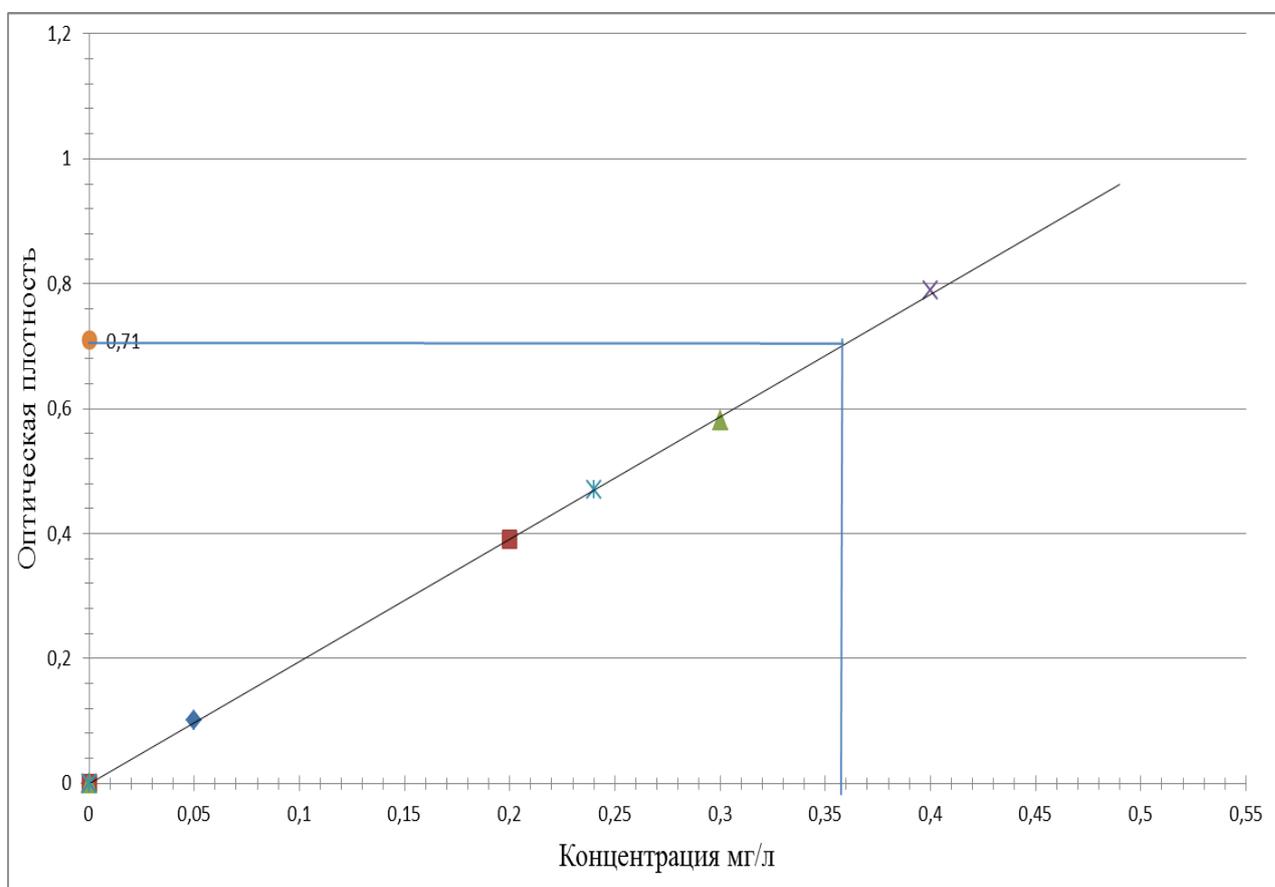


Рис.2.14. Зависимости оптической плотности от концентрации

Используя таблицу и формулы 3 и 4, были рассчитаны средние значения оптической плотности и концентрации:

$$C_{cp} = \sum C_i / 4$$

$$(3). D_{kcp} = \sum D_{ki} / 4$$

$$(4).$$

Средние рассчитанные значения оптической плотности и концентрации являются координатами точки $A(0,24;0,47)$.

Используя точку A и проводим через неё и начало координат прямую линию.

Используя известную нам величину, находим значение концентрации графически.

$$C=(0,358\pm 0.002) \text{ мг/л.}$$

Так как зависимость прямолинейная легко рассчитывай концентрацию и погрешность получается маленькой так как почти все точки лежат на построенной прямой.

2.4 Анализатор нефти (АН-2), закон Бугера-Ламберта-Бера.

Анализатор АН-2 широко используется предприятиями природоохранного и топливно-энергетического комплексов, тяжелой и легкой промышленности, жилищно-коммунального хозяйства и других отраслей. []

В основу работы прибора положен метод инфракрасной фотометрии.



Метод измерения заключается в выделении нефтяных компонентов из воды экстракцией четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении углеводородов от соединений других классов на колонке с оксидом алюминия и количественном оценивании их массовой концентрации по

интенсивности поглощения С-Н связей метиленовых (СН₂) и метальных (СН₃) групп.

Интенсивность светового потока, прошедшего через слой поглощающего вещества, будет уменьшаться в соответствии с законом Бугера-Ламберта-Бера (5):

$$I_0 = I_\lambda * 10^{(-1) * \sum_{n=1}^n a_j * C_j} \quad (5)$$

где: I_0 - интенсивности прошедшего через кювету и

I_λ падающего на образец света,

l - толщина образца;

a_j - показатель поглощения среды;

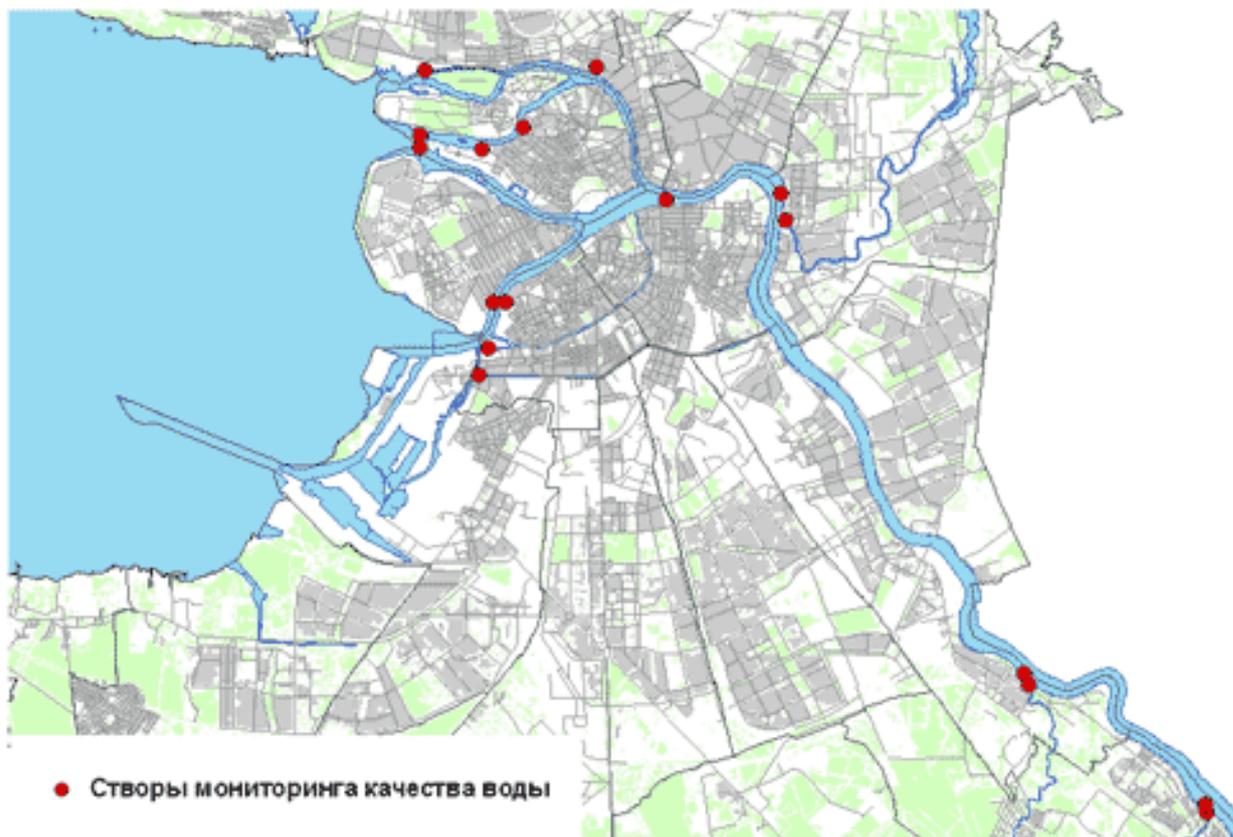
C - концентрация;

Концентрация нефтепродуктов дизельного топлива на Фурье-спектрометре проводилась на волновом числе 2900 см⁻¹, а на АН-2 на длине волны 3.42 мкм. На основе забора проб воднонефтяных суспензий на Фурье-спектрофотометре были оценены концентрации углеводородов в реке Неве, которые изменялись от (0,35-0,01) мг/л выше предельно допустимых концентраций 0,05 мг/л.

Глава 3. Анализ собранной статистики и расчёт экологических рисков.

3.1 Собранная статистика о нефтеразливах.

Перечень пунктов наблюдения за качеством вод водотоков



141 протока без названия № 840 г. Сестрорецк (Санкт-Петербург), 0,6 км ниже г. Сестрорецка, 0,2 км выше устья; 142 р. Каменка д. Каменка (Санкт-Петербург), 0,5 км ниже д. Каменки, в створе автодорожного моста, 5,0 км выше устья; 161 р. Нева (Большая Нева) 1) 2 км выше Санкт-Петербурга, 0,5 км ниже впадения р. Тосны 2) в черте Санкт-Петербурга, 0,5 км ниже впадения р. Ижоры; 161 р. Нева (Большая Нева) 3) в черте Санкт-Петербурга, 0,5 км ниже впадения р. Славянки, гидроствор Новосаратовка 4) в черте Санкт-Петербурга, 0,5 км ниже впадения р. Охты 5) в черте Санкт-Петербурга, 0,1 км выше Литейного моста 6) в черте Санкт-Петербурга, 1,4 км выше устья р. Невы; 162 р. Большая Невка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья 163 р. Карповка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 164 р. Черная речка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 165 рукав Малая Невка в черте

Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 166 р. Фонтанка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 167 р. Мойка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 168 рукав Малая Нева в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 169 р. Ждановка в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 172 р. Ижора в черте п. Усть-Ижора, 0,05 км выше устья; 173 р. Славянка в черте п. Усть-Славянка, 0,04 км выше устья; 174 Обводный канал в черте Санкт-Петербурга, 0,025 км выше устья; 175 р. Охта 1) в черте Санкт-Петербурга, 0,05 км выше устья 2) в черте Санкт-Петербурга, 1,5 км выше устья 3) граница Санкт-Петербурга, 21,1 км выше устья.[]

Источники загрязнения	% от общего
Сбросы	
с судов в море, включая сбросы балластных вод	23
в портах и припортовых акваториях, включая потери при переливе нефти в танкеры и из танкеров	17
с берега, включая пром. Отходы и сточные воды	11
Поступления	
с ливневыми стоками из городов	5
при катастрофах судов	5
при бурении на шельфе	1
с речными водами	28
из атмосферы	10

С помощью полётов аэромобильной аппаратуры были зафиксированы следующие нарушения:

- 1) Загрязнение нефтепродуктами городской акватории в том числе 12 случаев – на реке Неве, 12- на реке Охта, 6 – на реке Екатерингофке, 5 – на реке Славянке, 3 – на большой Ижоре, 2 – на Малой Нефке;
- 2) Систематическое загрязнение нефтепродуктами акватории морского порта Санкт-Петербурга в районе Балтийского завода, нефтеналивного терминала, завода «Северная верфь» и Угольной гавани;
- 3) Систематические нефтяные и внутримассовые загрязнения в районе строительства Морского фасада;
- 4) 20 случаев внутримассовых загрязнений акватории реки Славянке, рОхте, реки Екатерингофке, реке Окервиль, реке Ижоре;
- 5) 50 случаев несанкционированного размещения отходов на территории города;
- 6) 32 зарегистрированных шлейфа загрязнений из прямых выпусков в водотоки города из них 15 – на реке Неве, 5- на реке Охта, 3 – на реке Ижоре;
- 7) 5 нарушений экологического законодательства в водоохраных зонах

По данным Комитета по природопользованию была собрана следующая статистика.

Большинство нефтепродуктов поступает в реку со сбросами балластных вод 23% от общего загрязнения. Не менее важную часть занимают такие источники загрязнения, как сбросы сточных вод с многочисленных предприятий(11%), так и ливневые стоки.

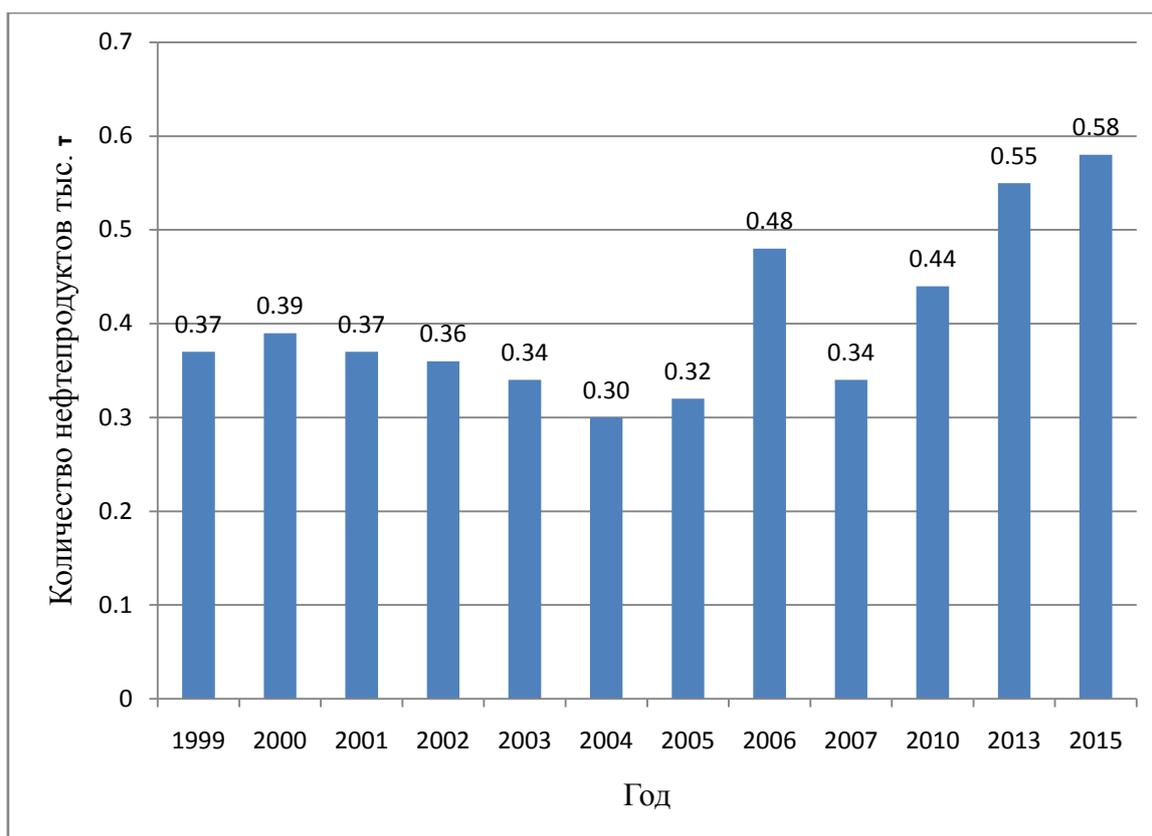


Рис.3.1Сброс нефтепродуктов в водные объекты в период с 1999 по 2015 год.

На данном графике представлены сбросы нефтепродуктов антропогенного происхождения, в них входят: жилищно-коммунального хозяйства, промышленности, электроэнергетики, машиностроения и металлообработки. Самый большой сброс был в 2015 году (0,58 тыс. т). Самый маленький сброс был в 2004 (0,30 тыс.т).

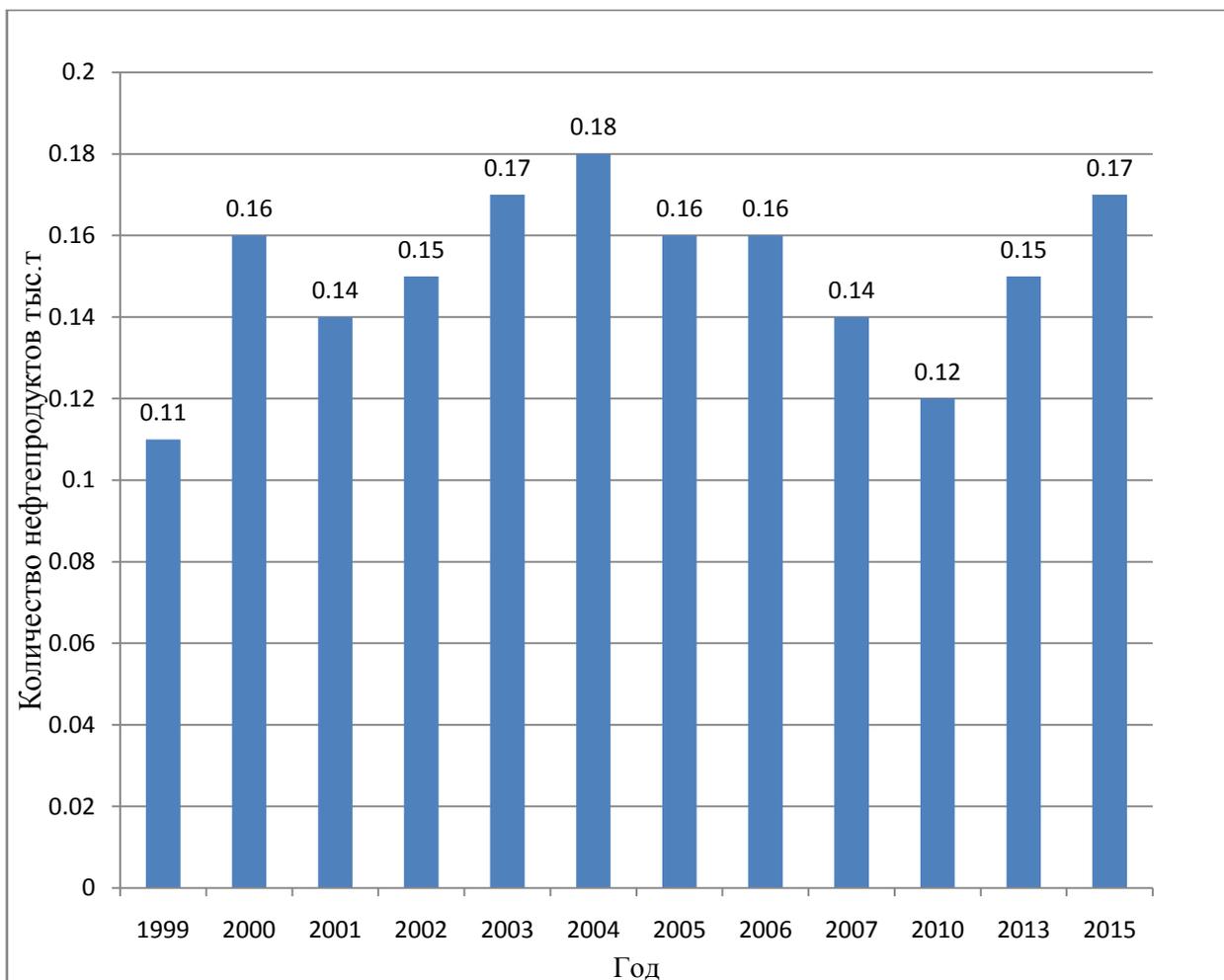


Рис.3.2. Сброс нефтепродуктов в водные объекты города Санкт-Петербурга(ливневые стоки).

На данном графике представлен сброс нефтепродуктов в составе ливневых стоков. С ливневыми стоками в Неву поступает около 5% сброса нефтепродуктов от всеобщего загрязнения. В Санкт-Петербурге климат умеренный и влажный. Среднегодовая сумма осадков в Санкт-Петербурге составляет около 662 мм. Самый большой сброс был в 2004 году (0,18 тыс. т). Самый маленький сброс был в 1999 (0,11 тыс. т).

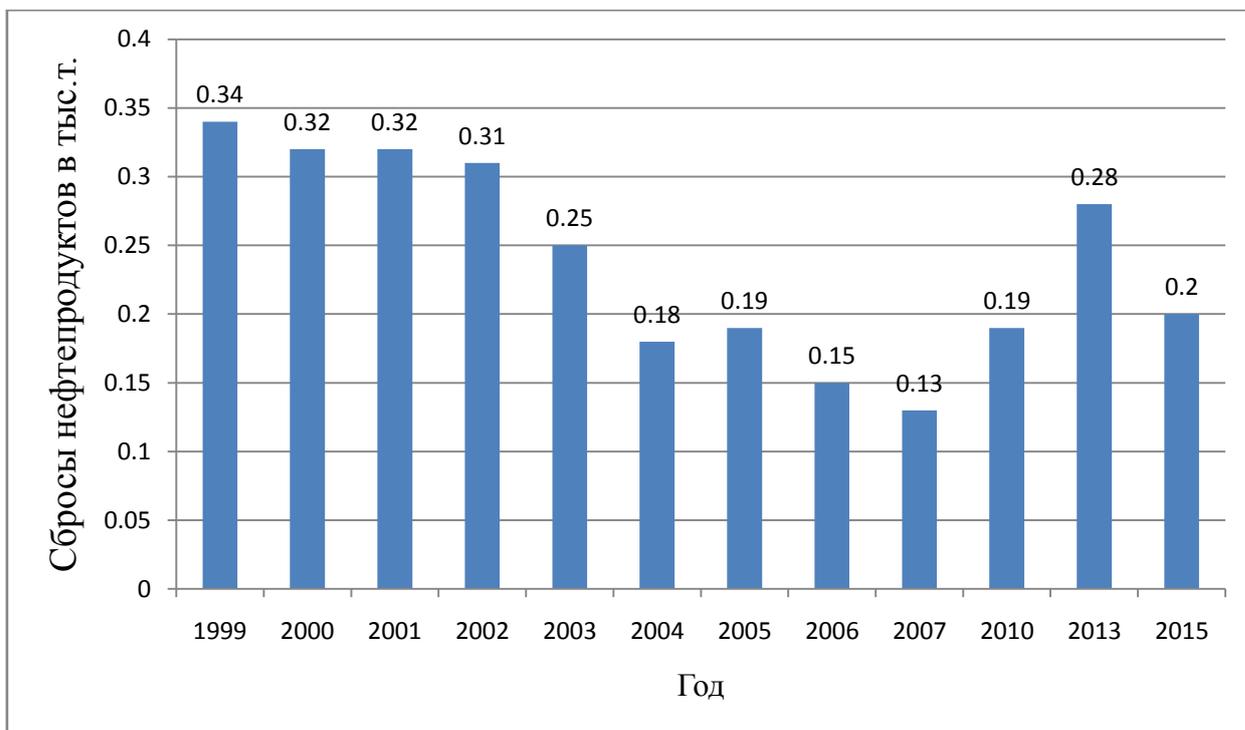


Рис.3.3. Сбросы жилищно - коммунального хозяйства за рассматриваемые годы.

На данном графике представлены сбросы нефтепродуктов от жилищно-коммунального хозяйства. Самый большой сброс произошёл в 1999 году (0,34 тыс. т). Самый маленький сброс был в 2007 году (0,13 тыс. т). Жилищно-коммунальные сбросы занимают основную часть общих сбросов.

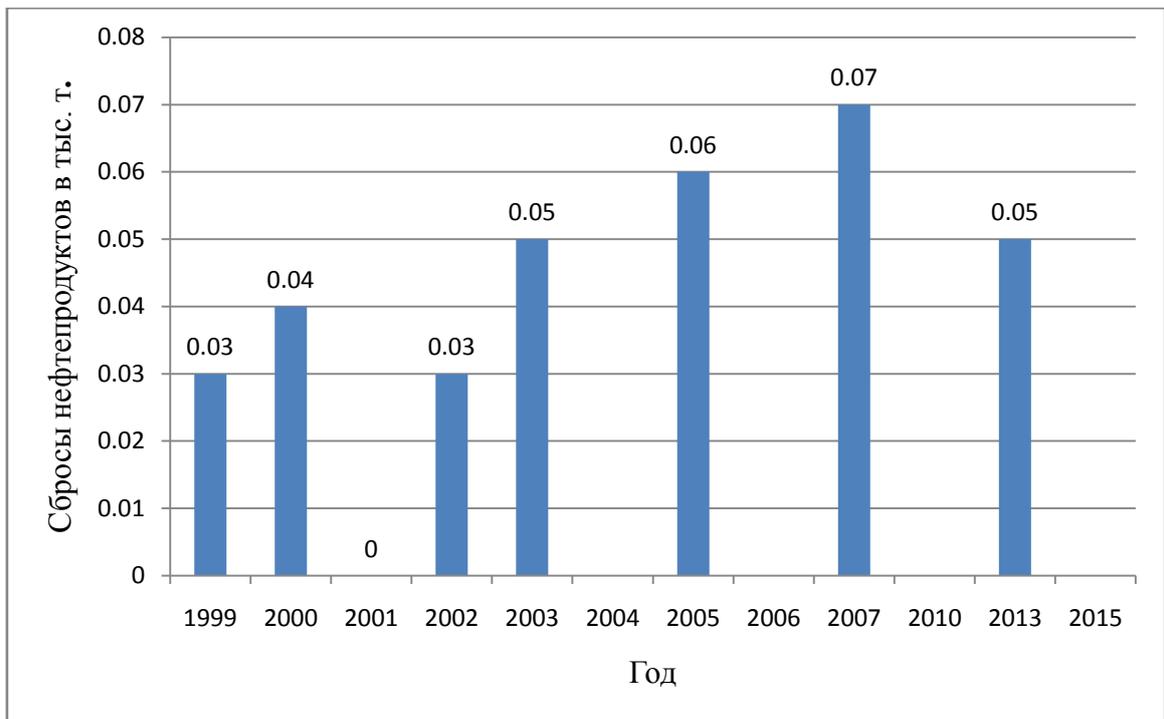


Рис.3.4. Сбросы промышленной отрасли.

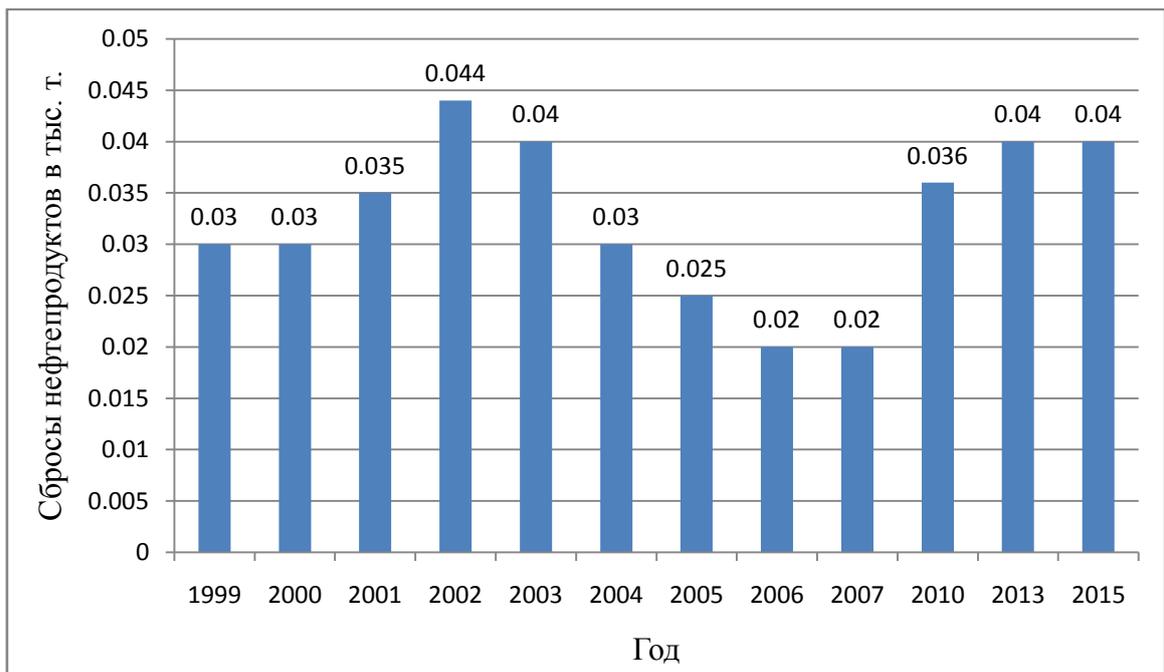


Рис. 3.5. Сбросы электроэнергетики.

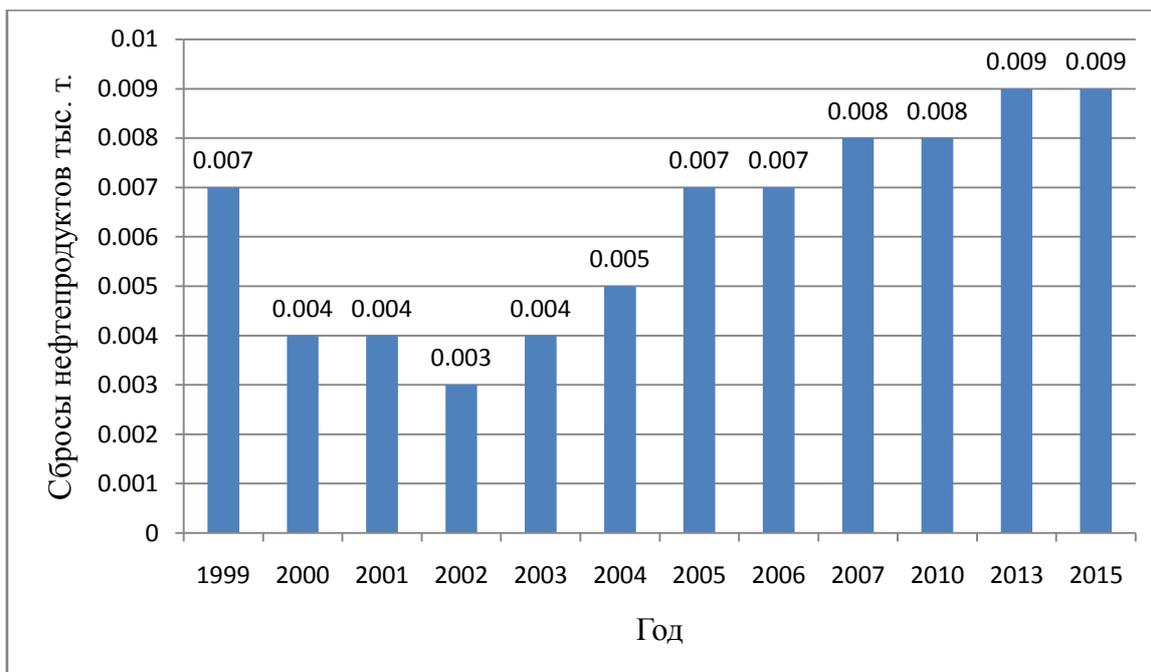


Рис.3.6.Сбросы машиностроение и металлообработка.

Источниками загрязнения окружающей среды углеводородами и продуктами их сжигания являются предприятия переработки нефти, заправочные станции и т.п., жилищно-коммунальная отрасль, промышленность, металлообработка, предприятия энергетики и другие предприятия, а также автомобили, и другие виды транспорта, использующие нефтепродукты в качестве топлива и сырья.

Из рисунков 3.3-3.6 видно, что значительная часть нефтепродуктов поступает в воду со сбросами жилищно-коммунального хозяйства (от 0,34 до 0,16 тыс. т.) в год намного больше чем, сбросы от промышленности (от 0,03 до 0,07 тыс.т.), машиностроения и металлообработки(0,007 до 0,009 тыс. т) и электроэнергетики (от 0,02 до 0,04 тыс. т).

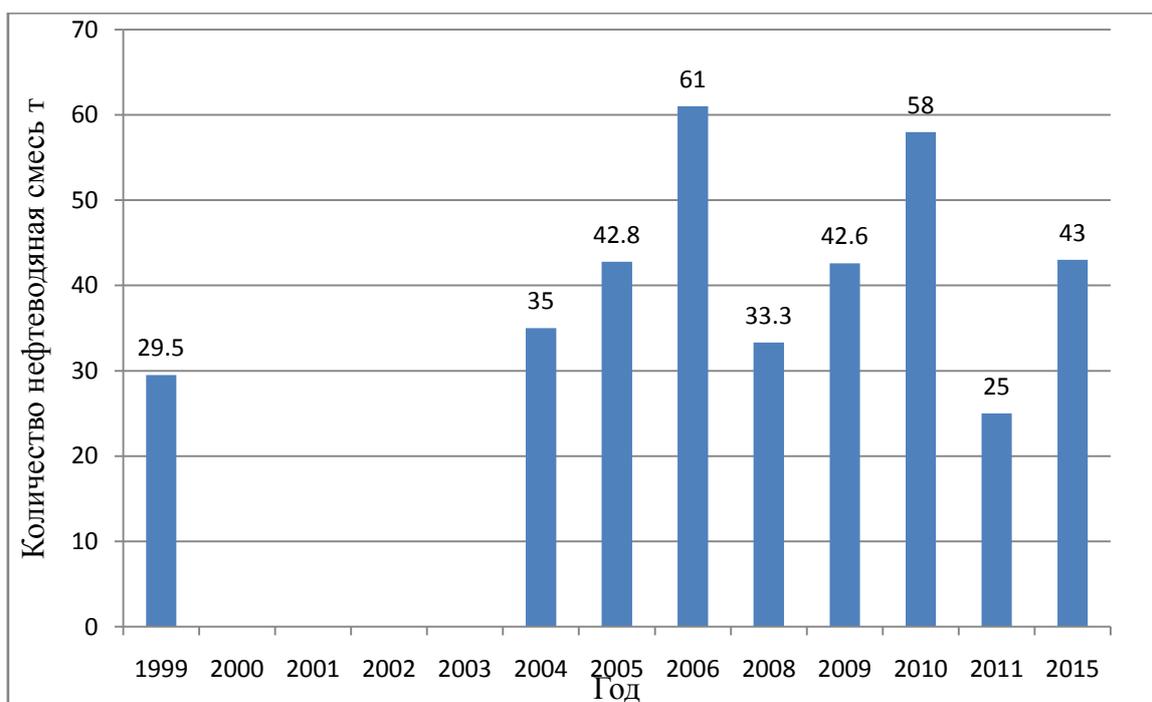


Рис.3.7Количество собранной нефтеводяной смеси за последние годы.

Рост экономики России, наметившийся за последние годы, оказал влияние на развитие Санкт-Петербурга в частности. Оборот крупнейшего в порту экспортера нефтепродуктов в 2006 году составил более 10 миллионов тонн.

В 2006 году, несмотря на уменьшение количества перевезенных нефтепродуктов и количества аварийных ситуаций всего было собрано 61 т.

В 2015 году силами ЭкАСл ГУП «Пиларн» было собрано 43 т нефтеводяной смеси.

Меньше всего было собрано нефтеводяной смеси в 2011 году всего 25 т.

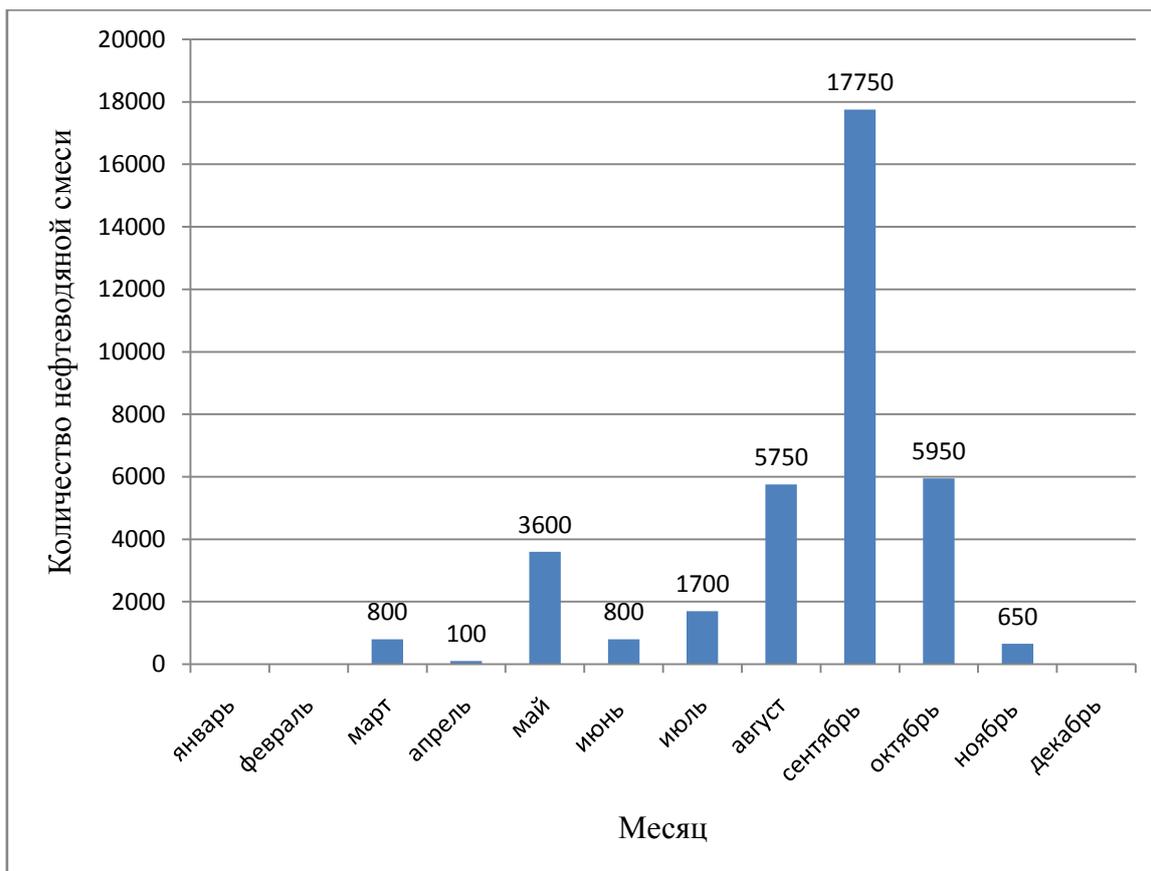


Рис.3.8. Количество собранной нефтеводяной смеси по месяцам.

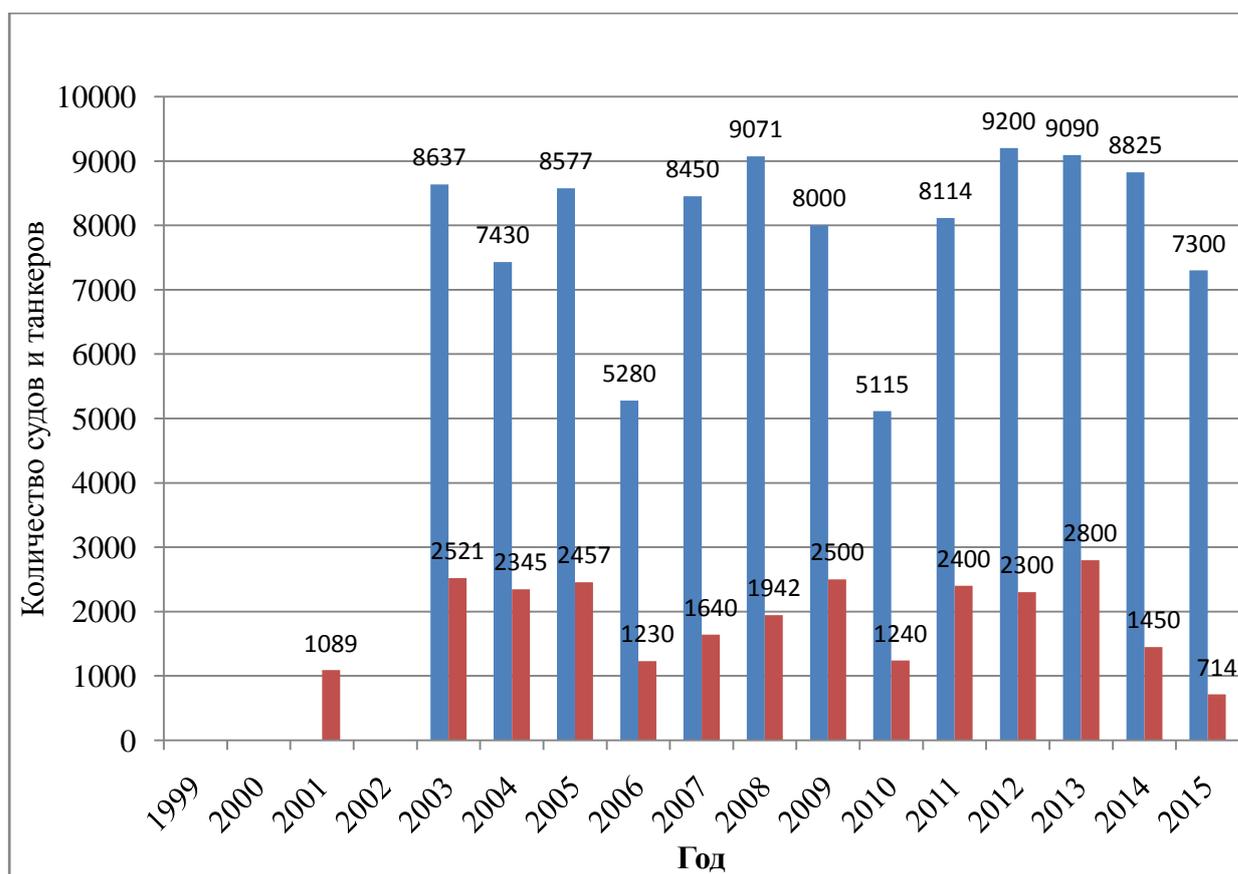


Рис.3.9.Динамика нефтеразливов и их ликвидация в период с 1999 по 2015 г.

Рассматривая картину в целом, мы видим, что самое большое количество судов, проходящее за данный период, было в 2012 году (9200-судов). А самое большое количество танкеров проходило в 2013 году(2800-танкеров). За последние 3 года (период с 2013 по 2015) количество всех судов а так же входящих в них танкеров уменьшилось(за 2015 по Неве прошло 7300 судов из них 714 танкеров).

По данным Комитета по природопользованию ежегодное количество разливов нефтепродуктов в акватории р. Невы и Финского залива колеблется от 27 до 220.

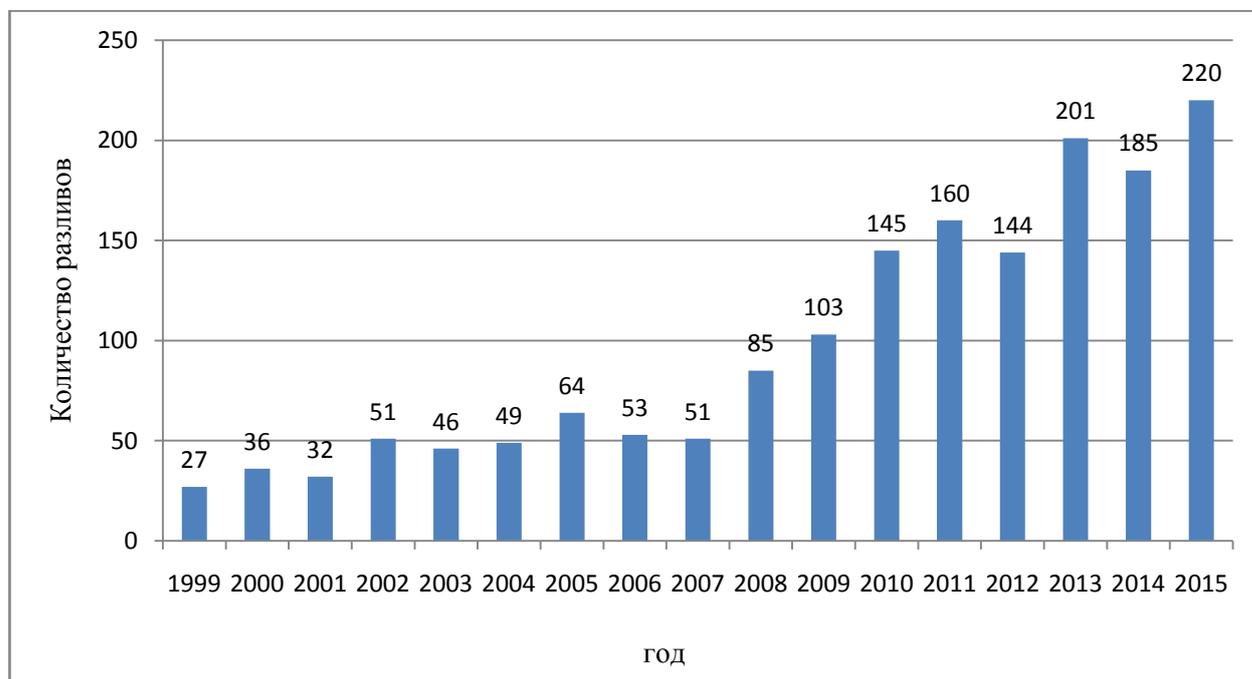


Рис.3.10. Количество нефтеразливов в период с 1999 по 2015 года.

С каждым годом количество нефтеразливов увеличивается, достигая критической отметки (220 нефтеразливов за 2015 год). Мы наблюдаем некоторые несоответствия. Как при уменьшении количества судов увеличивается количество нефтеразливов, но не стоит забывать о том, что нефтеразливы случаются не только в результате аварий. Увеличивался сброс сточных вод от промышленных предприятий, сбросы с ливневыми стоками из городов, из атмосферы, прогулочные катера сливают свою техническую жидкость (сланевые воды – это смесь грязной воды, солянки и масла). Значительная часть потока нефтепродуктов России проходит через морской порт Санкт-Петербурга.

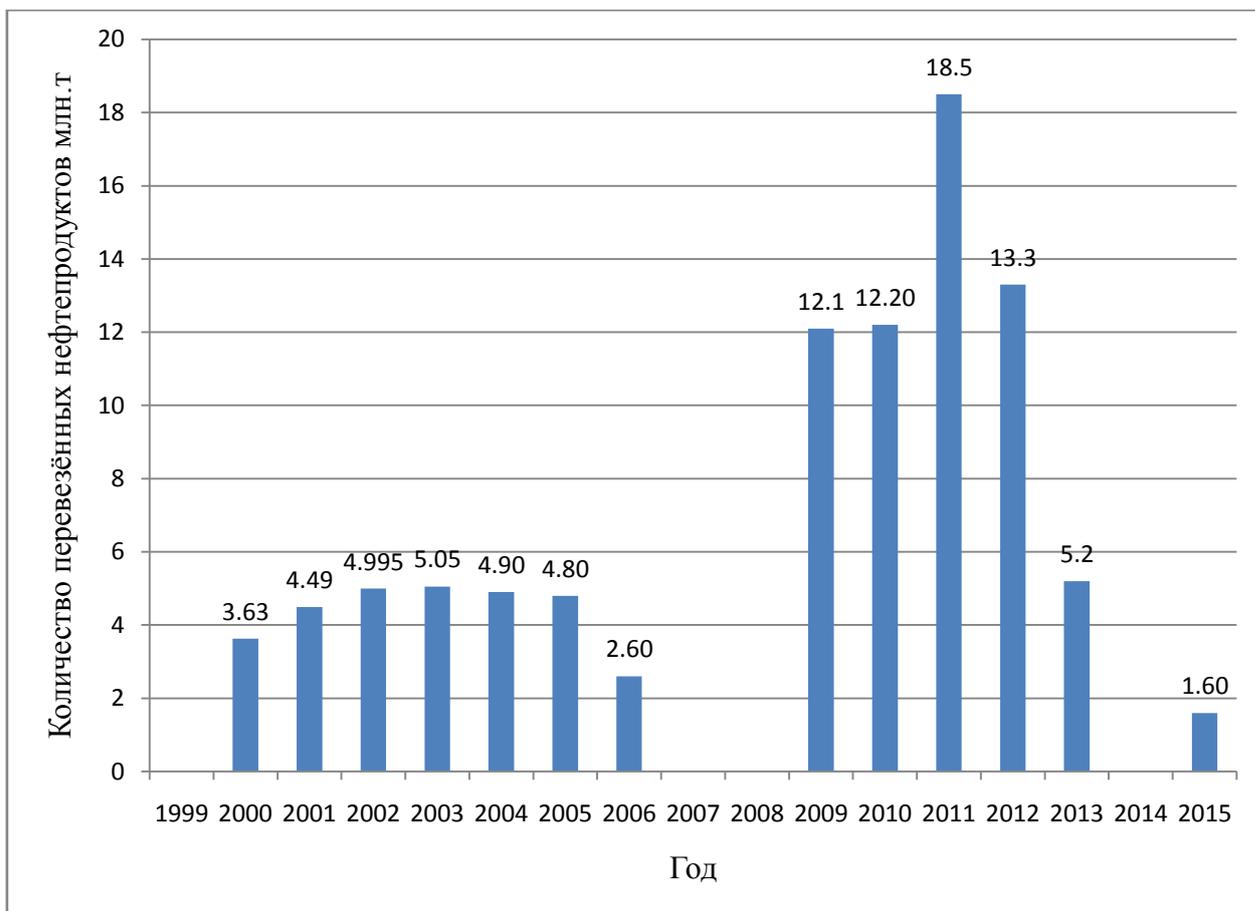


Рис.3.11. Количество перевезённых нефтепродуктов за навигацию 1999-2015.

Самое большое количество нефти перевозилось по реке Неве в 2011 году (18,5 млн т). С 2011-2015 год происходит уменьшение объёма грузов перевозимых на нефтеналивных танкерах и количество танкеров так же уменьшается, но не смотря на это морской транспорт всё равно остаётся лидером перевозок нефтепродуктов. За навигацию 2015 общее количество перевезённых нефтепродуктов по Неве составило 1,6 млн т.

Максимум перевозка грузов по реке достигает в летний период, это и понятно по метеорологическим соображением.

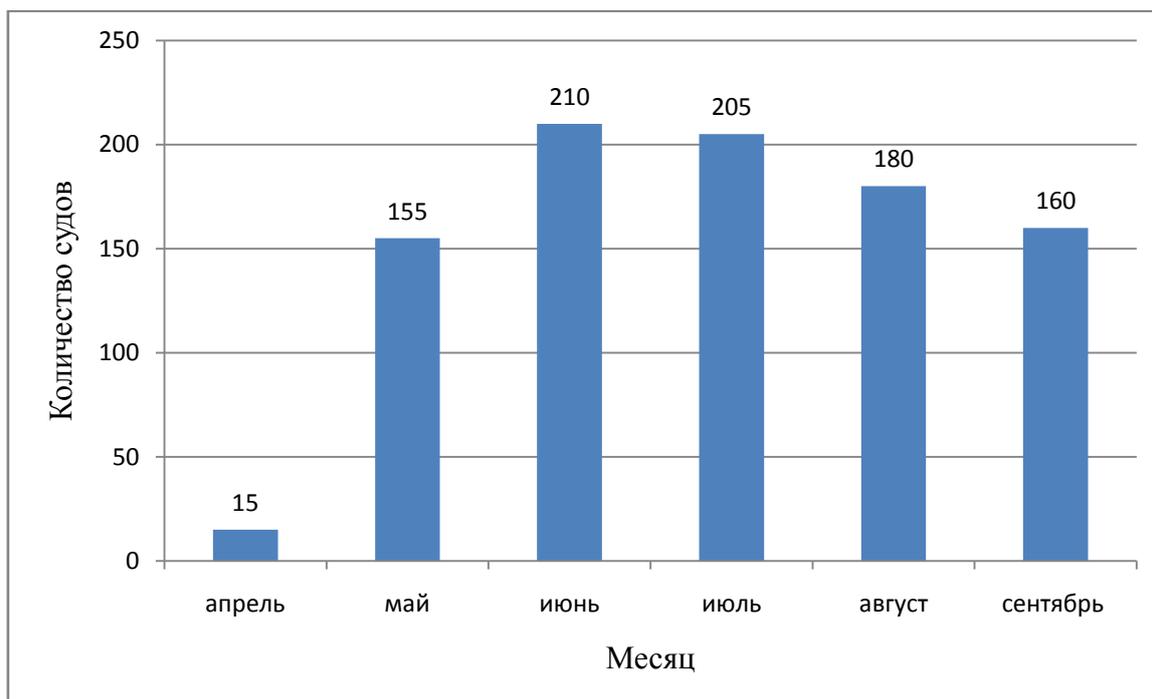


Рис.3.12. Количество судов проходящих по реке Неве с апреля по сентябрь.

На графике представлена сезонная зависимость. В летний период движение нефтеналивных танкеров носит интенсивный характер. Особенно мы наблюдаем это в ночной период так как, надводная часть судов выше пространства между водой и нижней частью наибольшего пролёта моста, поэтому только при разведённых мостах можно осуществлять транспортировку.

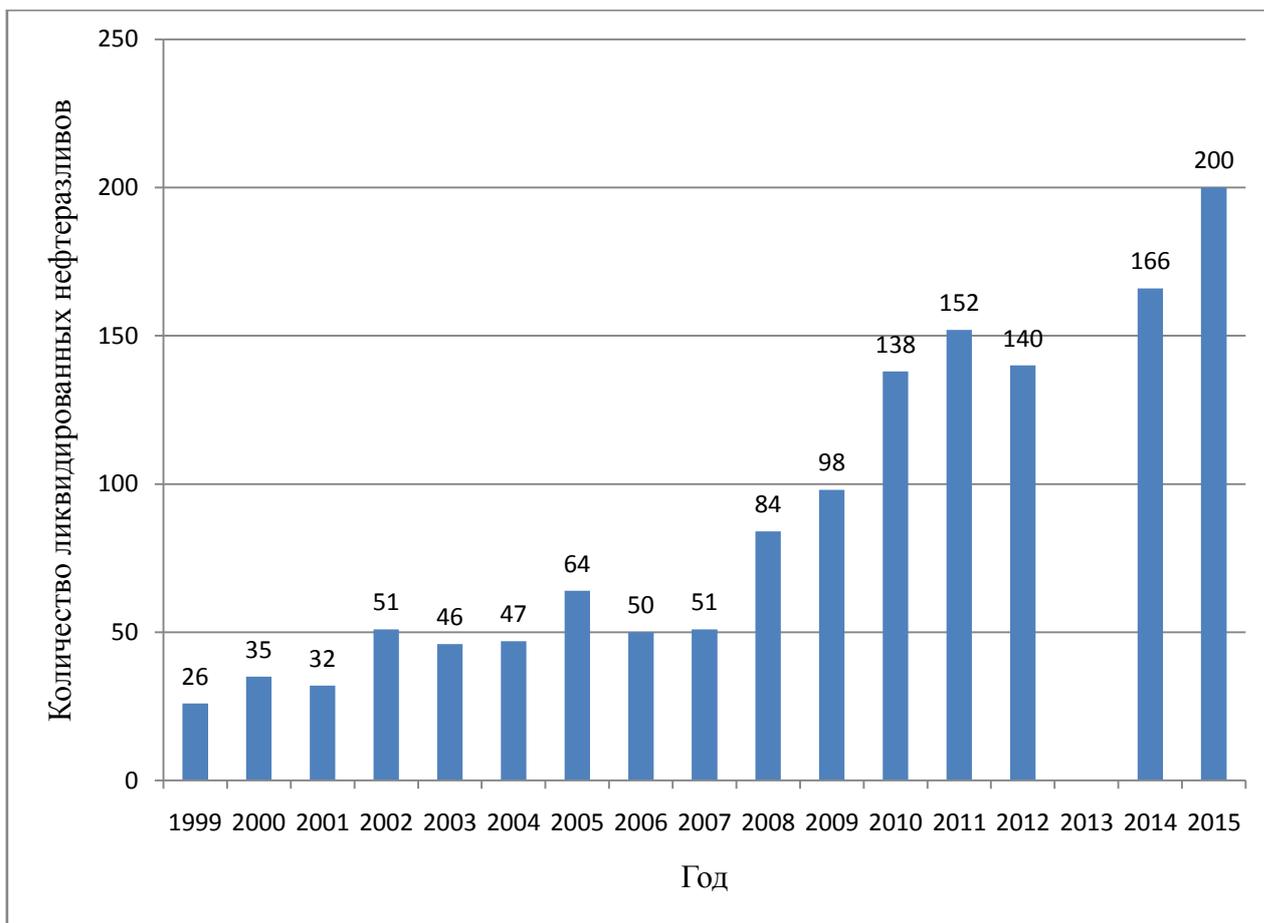


Рис.3.13. Динамика ликвидации нефтеразливов в период с 1999 по 2015.

Для быстрого реагирования на нефтеразливы были созданы опорные пункты городских аварийных служб. На каждом опорном пункте есть мобильный бытовой контейнер для хранения и запаса боновых заграждений и сорбента, предполагается постоянное нахождение здесь в готовности судна-нефтесборщика или судна экологического обеспечения.

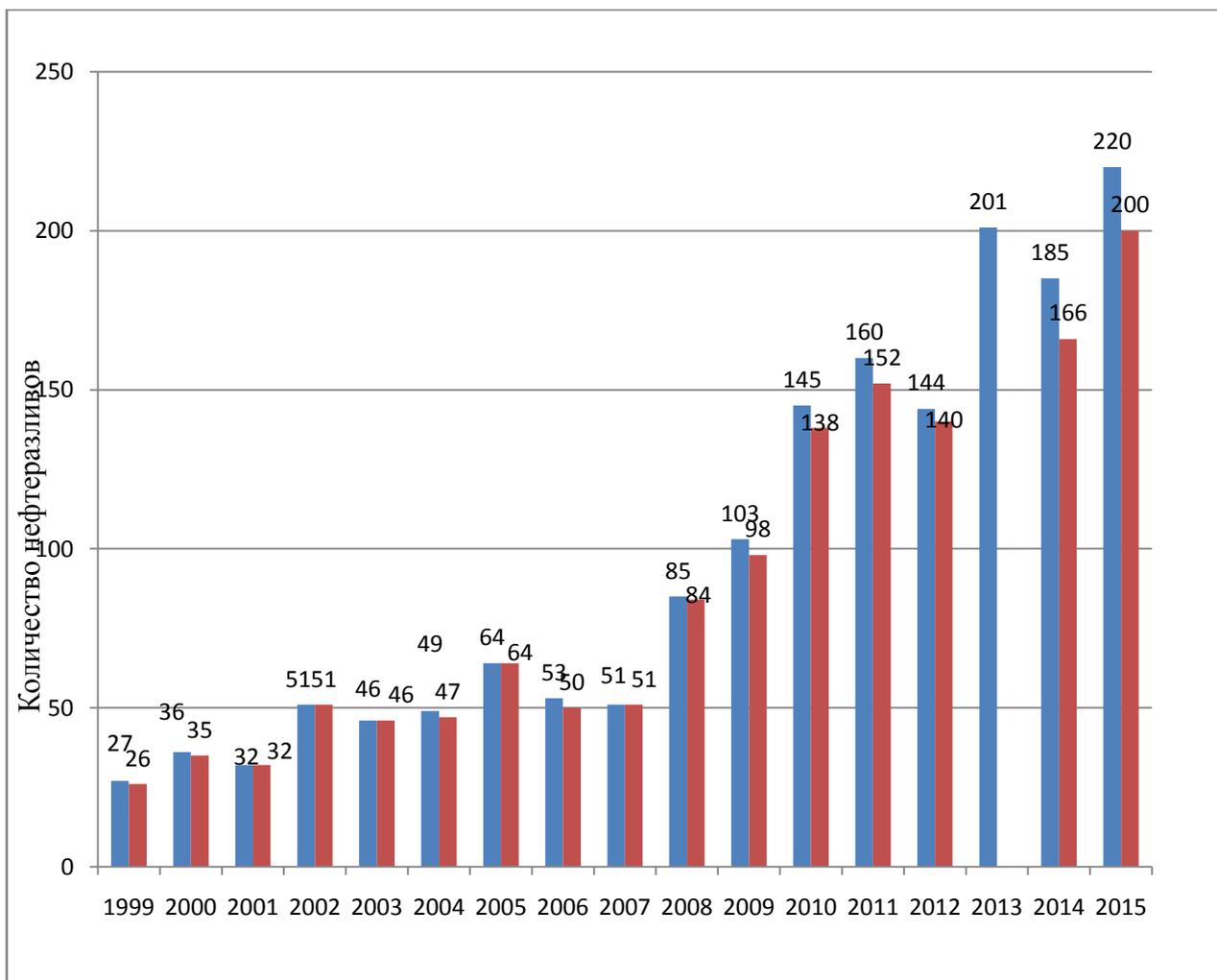


Рис.3.14. Динамика нефтеразливов их ликвидация.

На данном графике представлена диаграмма на которой синим отмечено то, сколько нефтеразливов произошло за рассматриваемые года, а красным отмечено количество ликвидированных нефтеразливов. Количество нефтеразливов и количество ликвидированных нефтеразливов практически совпадает. Это говорит о том не смотря на то, что количество нефтеразливов с каждым годом растёт, система экологического мониторинга мгновенно реагирует на проблему можно сказать полностью устраняет. Количество нефтеразливов и количество ликвидированных нефтеразливов практически совпадает.

3.2 Расчёт экологического риска.

В результате собранной статистике, которая характеризовала число судов, нефтеналивных танкеров и число нефтеразливов за рассматриваемые годы, были рассчитаны частота нефтеразливов по отношению к числу нефтеналивных танкеров, к числу всех судов проходящих по реке Неве, вероятность, и экологический риск.

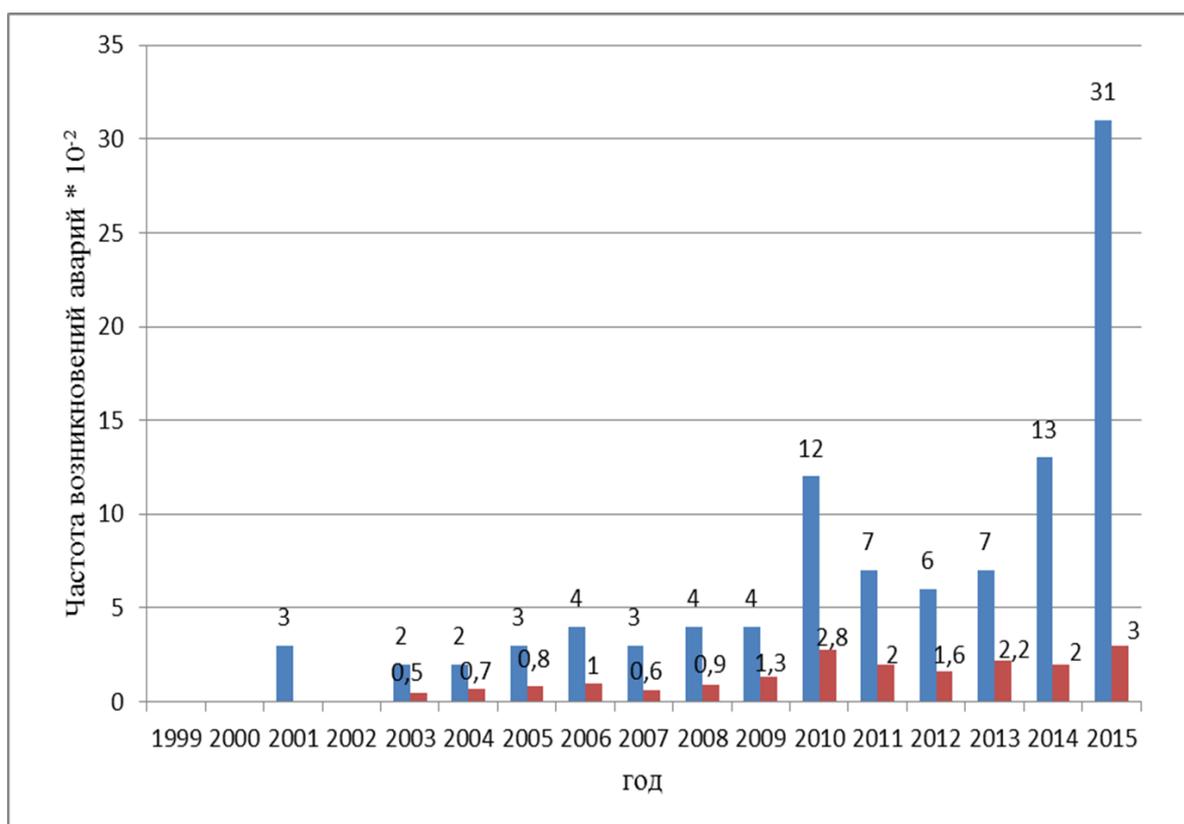


Рис.3.15. Зависимость частоты возникновения аварийных ситуаций(вероятность) от времени.(танкеры / все суда) .

На данном графике мы видим, что за последние 4 года частота возникновения аварий (вероятность) намного увеличилась и достигла своего максимума в 2015 году(0,31) . Такой скачок произошёл из-за роста количества разливов и уменьшения количества судов (данные величины обладают обратной пропорциональной зависимостью).

Экологический риск – количественная или качественная оценка экологической опасности неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

Приемлемый риск – это риск уровень, которого оправдан с точки зрения как экологических, так и экономических и других проблем в конкретном обществе.[]

Ориентировочная шкала приемлемого риска (на одного человека в год):

- $> 10^{-2}$ – исключительно высокий уровень риска смерти, необходимо применение мер защиты;
- $10^{-3} - 10^{-2}$ – высокий уровень риска, необходимо принятие мер безопасности;
- $10^{-4} - 10^{-3}$ – относительно невысокий уровень риска;
- $< 10^{-4}$ – пренебрежимо малый уровень риска;

Анализ экологической безопасности в соответствии с Российским законодательством необходимо строить на основе концепции приемлемого риска. Для количественной оценки экологического риска используется следующее выражение:

$$R_{\text{э}} = \lambda_A \cdot Y, \quad (6)$$

где $R_{\text{э}}$ – величина экологического риска, руб/год;

λ_A – частота реализации аварии рассматриваемого типа (разлив нефтепродукта), 1/год;

Y – ущерб, вызванный разливом, руб. []

Для оценки вероятности нефтеразливов на реке Неве использовалось распределение по закону Пуассона.

Случайная величина называется распределенной по закону Пуассона, если она принимает счетное множество возможных значений $0, 1, 2, 3, \dots, N$ с вероятностями

$$P(N) = \frac{\lambda^N}{N!} e^{-\lambda}, \quad N=0, 1, 2, 3, \dots \quad (7)$$

где λ - параметр распределения; N - число рассматриваемых событий.

При изучении опасных природных процессов часто бывает необходимым оценить вероятность какого-либо события в течение определенного временного интервала. Вероятность $P(N, T)$ появления N рассматриваемых событий за период времени T определяется в зависимости от среднего числа μ таких событий в единицу времени по формуле, которая может быть представлена в виде

$$P(N, T) = \frac{(\mu T)^N}{N!} e^{-\mu T}, \quad N=0, 1, 2, 3, \dots \quad (8)$$

В этой формуле параметр распределения Пуассона записан в виде $\lambda = \mu T$.

Опираясь на соотношение (1.), нетрудно определить вероятность того, что произойдет ровно одно событие

$$P(1, T) = \mu T e^{-\mu T}$$

Вероятность того, что не произойдет ни одного события

$$P(0, T) = e^{-\mu T},$$

а вероятность того, что произойдет хотя бы одно (не менее одного) события

$$P(N \geq 1, T) = 1 - e^{-\mu T}$$

Экологический ущерб связанный с нефтеразливами на реке Неве определялся по формуле:

$$Y = 5 * H_{БВ} * K_{ЭВ} * M_y, \quad (9)$$

где 5 – повышающий коэффициент, учитывающий сверхлимитный выброс загрязняющих веществ;

$N_{БВ}$ – базовый норматив платы за сброс нефти в поверхностные водные объекты = 27550 руб/т;

$K_{ЭВ}$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости водных объектов, = 2,04;

M_y – масса нефти, принимаемая за загрязнение водных объектов;

Масса нефти, принимаемая за загрязнение водных объектов с учетом того, что в результате проведенных мероприятий пленочная нефть полностью удалена, рассчитывается по формуле:

$$M_y = 5,8 \cdot 10^{-3} M_p (C_n - C_f), \quad (10)$$

где M_p – масса нефти, разлитой по поверхности водного объекта, т;

C_n – концентрация насыщения воды нефтью, = 26 г/м³;

C_f – фоновое значение концентрации растворенной и эмульсированной нефти в воде до аварии, принято = 0,05 г/м³ (норматив ПДК).

Используя, распределение по закону Пуассона находим величину экологического риска. Для подсчёта экологического риска пользуемся собранной статистикой, а так же рассчитывает частоту реализации нефтеразливов. Все полученные данные представлены в таблице 1.

Год	Количество нефтеразливов	Экологическ ий риск
1999	27	$7,65 \cdot 10^{-2}$
2000	36	$6,63 \cdot 10^{-2}$
2001	32	$7,03 \cdot 10^{-2}$
2002	51	$5,58 \cdot 10^{-2}$
2003	46	$5,87 \cdot 10^{-2}$
2004	49	$5,69 \cdot 10^{-2}$
2005	64	$4,98 \cdot 10^{-2}$
2006	53	$5,47 \cdot 10^{-2}$
2007	51	$5,58 \cdot 10^{-2}$
2008	85	$4,32 \cdot 10^{-2}$
2009	103	$3,93 \cdot 10^{-2}$
2010	145	$3,15 \cdot 10^{-2}$
2011	160	$2,76 \cdot 10^{-2}$
2012	144	$3,13 \cdot 10^{-2}$
2013	201	$1,96 \cdot 10^{-2}$
2014	185	$2,35 \cdot 10^{-2}$
2015	220	$1,92 \cdot 10^{-2}$

Таблица 1.

По результатам расчётов был построен график зависимости экологического риска в период с 1999 по 2015 года.

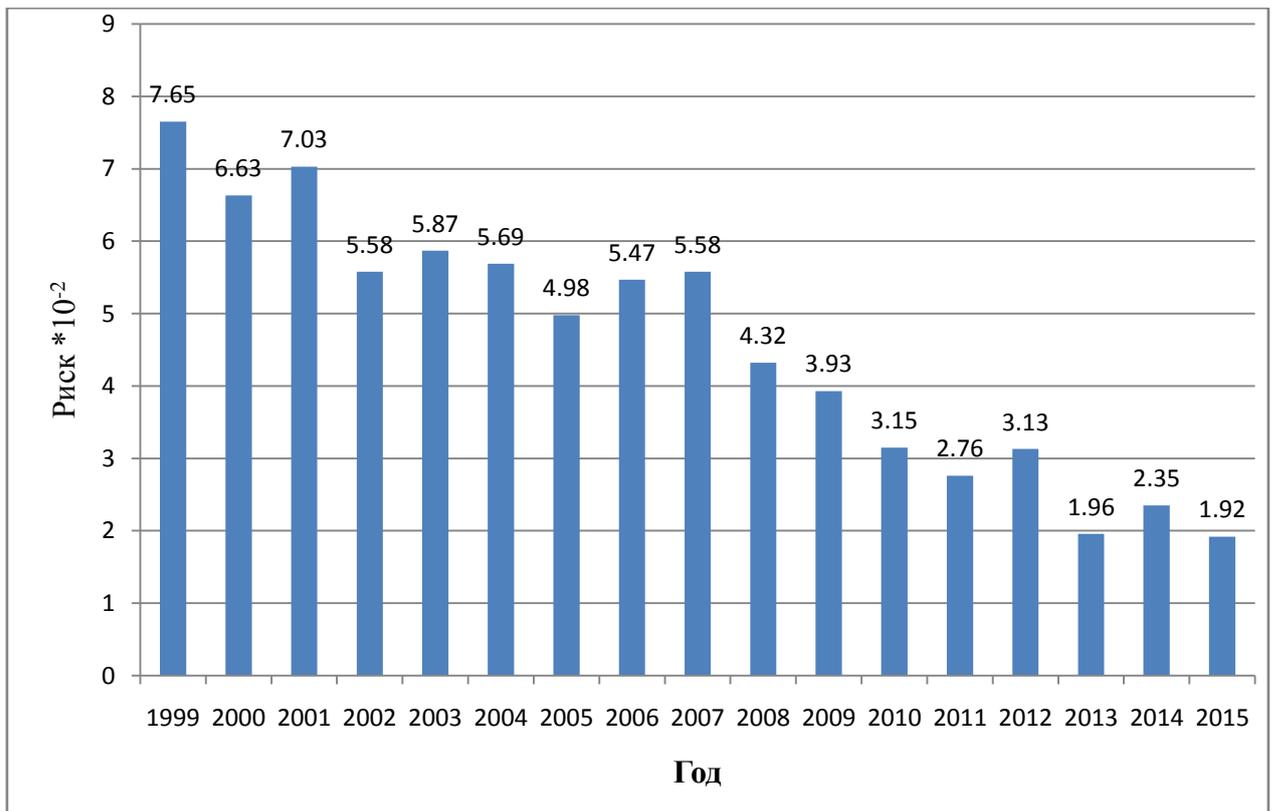


Рис 3.16. Величина экологического риска в период с 1999 по 2015.

Из графика видно, что значение риска с каждым годом уменьшается. Мы наблюдаем обратную зависимость. Вероятность того что случится 27 нефтеразливов больше чем если случится 220. А так как риск на прямую зависит от вероятности получается именно такой график.

Ось была разбита несколько интервалов и рассчитала средний экологический риск по интервалам, построила график экологического риска за рассматриваемые годы.

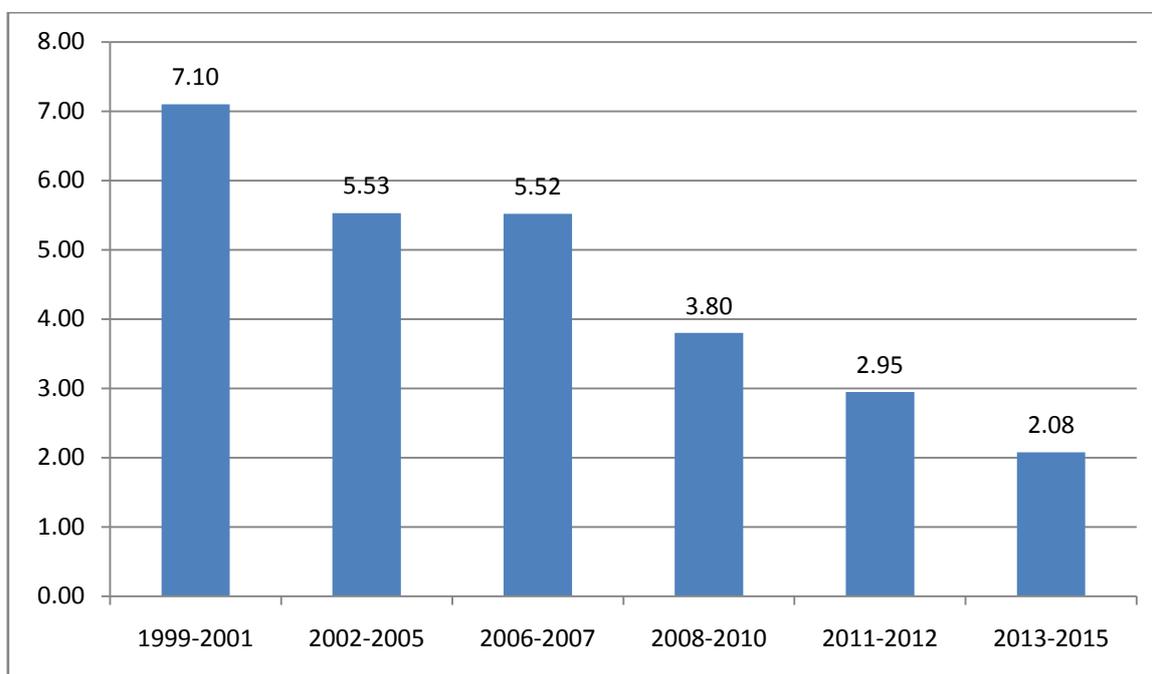


Рис.3.17. Величина экологического риска в период с 1999 по 2015 по интервалам.

Риск уменьшается к 2013-2015 годам, достигает отметки $2,08 \cdot 10^{-2}$.

3.3 Экономический риск.

Расчет оценки риска аварийных разливов нефти в акваториях Финского залива и реки Невы.

1)Используя статистику, определяем, что за последние 17 лет произошло 1652 аварии, а вероятность возникновения аварийных ситуаций равна $6,96 \cdot 10^{-2}$.

2) Среднее количество нефтепродуктов, ежегодно попадающих в р.Неву и акваторию Финского залива составило 101 т. (усреднение производится по данным 1999-2015 гг). Пользуясь формулой:

$$M_y = 5,8 \cdot 10^{-3} M_p (C_n - C_f)$$

$$M_y = 5,8 \cdot 10^{-3} \cdot 101(26 - 0,05) = 15,2$$

Находим массу нефти, принимаемую за загрязнение водных объектов

3)Используя формулу (2) определяем экологического ущерб с учётом всех нормативов:

$$Y = 5 \cdot H_{БВ} \cdot K_{ЭВ} \cdot M_y$$

$$Y = 5 \cdot 27550 \cdot 2,04 \cdot 15,2 = 4271352 \text{ руб}$$

4)Используя полученные данные, мы можем оценить величину риска, связанного с транспортировкой нефти[15].

$$R_{\text{э}} = \lambda_A \cdot Y,$$

$$R_{\text{э}} = 6,96 \cdot 10^{-2} \cdot 4271352 = 29728600,099 \text{ руб.}$$

Все это позволяет оценить страховые риски, связанные с транспортировкой

Заключение.

Данная работа была посвящена нефтеразливам на реке Неве. В ней были рассмотрены такие понятия как нефть, добыча нефти, нефтепродукты, нефтеразливы. Таким образом для локализации и ликвидации нефти в основном используются боновые заграждения и нефтесборщики .

Были показаны приборы способные определить количество нефтепродуктов в пробах.(Фурье-спектрометр, анализатор нефти АН-2). Концентрация нефтепродуктов дизельного топлива на Фурье-спектрометре проводилась на волновом числе 2900см^{-1} , а на АН-2 на длине волны 3.42 мкм . В подтверждении различий в разных участка спектра были приведены рис.(1.2-1.6) и рис(2.1-2.6) на Неве в вид.и ИК-области.

Было графически посчитано значения концентрации. При оптической плотности равной $0,71$ концентрация равна 0.47 мг/л .

Пользуясь всевозможными статьями и докладами были собраны почти все данные с 1999 по 2015. Эти значения характеризует:

1. число судов и нефтеналивных танкеров, проходящих за рассматриваемые годы (самое большое количество судов в 2009 г 9200, нефтеналивных танкеров 2800 в 2013)

2. число нефтеразливов за рассматриваемые годы (самое большое количество 220 за 2015 год)

3. число ликвидированных нефтеразливов(почти все нефтеразливы были устранены).

4. значения концентрации нефтепродуктов в собранных пробах (самая большая концентрация в 2006 году $0,35\text{ мг/л}$.), о том сколько ежегодно сбрасывается нефтепродуктов в составе сточных вод и о том сколько собирается нефтеводяной смеси .

На основе собранной статистики, были рассчитаны частота нефтеразливов по отношению к числу нефтеналивных танкеров, к числу всех судов проходящих по реке Неве(вероятность). Самая большая вероятность достигла 0,31 в 2015 г. и экологический риск(за 1999 г $7,65 \cdot 10^{-2}$), экономический риск за десять лет составил 29728600,099 руб. По результатам расчётов в 2015 году составил 4271352 тыс. рублей.

Таким образом, в результате собранной статистики и результатов измерения

И расчётов были построены графики, на которых наблюдались существенные изменения

Проводились исследования качества воды в реке Нева. Пробы показали удручающие результаты. Уровень загрязнения воды в Финском заливе и Неве значительно превышает все допустимые нормы.

В пределах Санкт-Петербурга Нева загрязнена промышленными стоками, в реку сливают отходы сотни промышленных предприятий. По Неве активно транспортируются нефтепродукты. В реку ежегодно попадает более 80 тысяч тонн загрязняющих веществ

В связи с выявленными опасностями разливов нефти и нефтепродуктов и ожидающимся расширением транспортной активности в акватории р. Невы и Финского залива основное внимание и ресурсы должны быть направлены на предупреждение и исключение аварий судов, прежде всего мерами обеспечения безопасности.

Список литературы:

- 1) Биненко В.И., Храмов Г.Н., Яковлев В.В. Чрезвычайные ситуации в современном мире / СПб.изд.ИВТОП .2004 - 400 с.
- 2) Биненко В.И., Донченко В.К.,Растоскуев В.В. Риски и экологическая безопасность природо-хозяйственных систем/ изд. СПбГУ 2012.-393 с.
- 3) Биненко В.И., Петров С.В. Физико-химические методы и приборы контроля окружающей среды. Лабораторный практикум. СПб., изд. РГГМУ, 2008. - 112 с
- 4) Методы определения содержания нефтепродуктов в воде[Электрон.ресурс] // Аккредитованный испытательный лабораторный центр "Нортест" Лабораторные исследования почвы, грунтов, анализы воды, пищевой и алкогольной продукции – Режим обращения: - <http://nortest.pro/stati/voda/opredelenie-nefteproductov-v-vode.html> 1991-2017. – (Дата обращения: - 15.03.2017).
- 5) Неотложные меры и методы ликвидации аварийных разливов нефти. [Электрон.ресурс] // Сетевое издание «РИА Новости» зарегистрировано в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) – Режим обращения: - <https://ria.ru/eco/20090714/177333106.html> 08.03.2014. - (Дата обращения: 25.02.2017).
- 6)Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2015 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2016.-452с.
- 7) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2014 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2015.-452с.

- 8) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2013 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2014.-452с.
- 9) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2012 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2013.-452с.
- 11) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2011 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2012.-452с.
- 12) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2010 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2011.-452с.
- 13) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2010.-452с.
- 14) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2009.-452с.

15) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2009 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2008.-452с.

16) Охрана окружающей среды, природопользования и обеспечения экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2008 году: сб. ст. / Антипова Ю.К. [и др.]; под ред. И.А. Григорьева, И.А. Серебрицкого. – СПб.: ООО «Сезам – принт», 2007.-452с.

17) Пшеницын М. Нефть [Электрон.ресурс] / М. Пшеницын // проект Всё о нефти – 2011-2017 - Режим доступа: -<http://vseonefti.ru/sitemap.html> 2011-2017. - (Дата обращения: 22.02.2017).