

ПРИЛОЖЕНИЕ 1.

Материалы ОВОС проектируемого норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах ХМАО-Югры

к ИТОГОВОМУ ОТЧЕТУ по Государственному контракту №17К/2016 на выполнение научно-исследовательских работ по теме: «Установление дифференцированного норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры»

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ.....	7
2 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОВОС.....	10
2.1 Нормативно-правовая база.....	10
2.2 Методология и методы, использованные в ОВОС.....	11
3 ЦЕЛЬ И ПОТРЕБНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА.....	12
4 ОПИСАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ.....	15
4.1 Нулевой вариант.....	15
4.2 Предлагаемый норматив.....	16
4.3 Вариант норматива, превышающий предлагаемое значение ДОСНдо...	18
5 ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ.....	19
5.1 Гидросфера.....	19
5.1.1 Гидрография.....	19
5.1.2 Гидрологический режим.....	20
5.1.3 Климат.....	21
5.1.4 Гидрохимические особенности озер.....	21
5.1.5 Болотные экосистемы и загрязнение.....	23
5.1.6 Загрязнение поверхностных вод и ДО нефтепродуктами.....	25
5.2 Гидробионты. Растительный и животный мир озер Среднего Приобья..	31
5.2.1 Фитопланктон.....	31
5.2.2 Зоопланктон.....	34
5.2.3 Макрозообентос.....	36
5.3 Фоновое содержание компонентов нефти в ДО озер, дифференциация по содержанию органического вещества.....	38
6 ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ВИДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	49
6.1 Воздействия на гидросферу как абиотическую среду (свойства воды)....	49
6.2 Воздействия на гидробионтов.....	56
6.2.1 Бактериальные сообщества.....	57
6.2.2 Фитопланктон.....	60
6.2.3 Зоопланктон.....	63
6.2.4 Макрозообентос.....	66
6.3 Оценка величины норматива ДОСНдо по ответным реакциям биологических систем (токсикологические исследования).....	72
6.4 Токсичность ДО исследуемых озер.....	79
7 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	82
7.1 Методология выявления и количественной оценки воздействий нефти и нефтепродуктов в ДО.....	82
7.2 Оценка значимости воздействий остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в ДО.....	84
8 Выявленные при проведении ОВОС неопределенности.....	88
9 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ МОНИТОРИНГА.....	89

9.1 Задачи и объекты мониторинга.....	89
9.2 Программа проведения мониторинга.....	90
10 ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО ВАРИАНТА НОРМАТИВА ДОСНдо.....	91
11 НЕТЕХНИЧЕСКОЕ РЕЗЮМЕ.....	101
НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ.....	106
Список использованных источников.....	112
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	116
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
ПРИЛОЖЕНИЕ Г	
ПРИЛОЖЕНИЕ Д	
ПРИЛОЖЕНИЕ Е	

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АНО	- автономная некоммерческая организация
АО	– акционерное общество
АСФ	- асфальто-смолистая фракция
АУВ	- ароматические углеводороды
БПК ₅	- биологическое потребление кислорода за 5 суток
б/н	- без названия
ВМР	- Временное методическое руководство
ВРФН	- водорастворимая фракция нефти
ГОСТ	- государственный стандарт
ГСО	- государственный стандартный образец
ГФК	- гидрофобные компоненты
ДНС	- дожимная насосная станция
ДО	- донные отложения
ДОСН _{до}	- допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в донных отложениях
ЗВ	- загрязняющие вещества
ИК	- инфракрасный (ая)
ИПМ	- интегральный показатель Матковского
К	- контроль
КН	- коэффициент накопления
КНС	- компрессорная насосная станция
КП	- кустовая площадка
ЛУ	- лицензионный участок
МВИ	- методика выполнения измерений
МДК	- максимально допустимая концентрация
МК	- мезокосм
МОВОС	- материалы по оценке воздействия на окружающую среду
МПР	- Министерство природных ресурсов
м.р.	- месторождение

НГДУ	- нефтегазодобывающее управление
НГК	- нефтегазовый комплекс
НОМ	- нефтеокисляющие микроорганизмы
НП	- нефтепродукты
НУВ	- нефтяные углеводороды
ОАО	- открытое акционерное общество
ОВ	- органические вещества
ОС(ОПС)	- окружающая (природная) среда
ОПИ	- опытно-промышленные испытания
ПАУ	- полициклические ароматические углеводороды
ПДК _р	- предельно допустимая концентрация веществ в рыбохозяйственных водоемах
ПДУ _{до}	- предельно допустимый уровень вещества в донных отложениях
ПК	- пороговая концентрация
ПНД Ф	- природоохранный нормативный документ федеральный
ПМС	- поверхностный микрослой
ПО	- перманганатная окисляемость
ППП	- потери при прокаливании
РД	- руководящий документ
СибНИПИРП	- Сибирский научно-исследовательский проектный институт рационального природопользования
СИТ	- суммарный индекс токсичности
СК	- смолистые компоненты
СПАВ	- синтетические поверхностно-активные вещества
ТБГ	- торфяной бур геологический
УВ	- углеводороды
УОМ	- углеводородокисляющие микроорганизмы
ФГБНУ	- федеральное государственное бюджетное научное учреждение

ФГУНПП	- федеральное государственное унитарное научно-производственное предприятие
ФЗ	- федеральный закон
Фл.	- флуориметрия
ФР	- Федеральный реестр
ХМАО-Югра	- Ханты-Мансийский автономный округ – Югра
ЦБЛ	- центральная базовая лаборатория
ЭТГМ	- эколого-трофические группы микроорганизмов
ЭМ	- экологический мониторинг
G	- гравиметрия (данные)
HCO_3^-	- гидрокарбонаты
N/NH_4^+	- азот аммонийный
N/NO_2^-	- азот нитритный
N/NO_3^-	- азот нитратный
PO_4^{3-}	- фосфаты
pH	- водородный показатель
Cl^-	- хлориды
SO_4^{2-}	- сульфаты
Fe	- железо общее
$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	- суммарное содержание ионов натрия и калия

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Заказчиком деятельности является Служба по контролю и надзору в сфере охраны окружающей среды, объектов животного мира и лесных отношений ХМАО-Югры (Природнадзор Югры) в лице его руководителя Пикунова Сергея Владимировича. Адрес заказчика: ХМАО, 628011, г. Ханты-Мансийск, ул. Светлая, д. 69, каб. 108, тел./факс: 8(3467)-315-498, 315-483. Контактное лицо Заказчика - Цветкова Светлана Николаевна.

Организация - исполнитель: ФГБНУ «Госрыбцентр», 625023, г. Тюмень, ул. Одесская, 33, тел./факс: 8(3452)41-58-03, 41-58-04, E-mail: gosrc@gosrc.ru. Врио директора ФГБНУ «Госрыбцентр» – Колесников Дмитрий Николаевич. Контактное лицо исполнителя – Михайлова Людмила Владимировна.

Содержанием работ является проведение научно-исследовательских работ по теме: «Установление дифференцированного норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах Ханты-Мансийского автономного округа – Югры» для оценки качества проведения восстановительных работ (по очистке дна). Основанием для проведения Исполнителем работ по разработке норматива ДОСНдо и оценке воздействия на окружающую среду является Государственный контракт № 17К/2016 (от 15.06.2016 г.) в целях обеспечения выполнения государственной программы «Обеспечение экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа – Югры на 2016-2020 годы».

Оценка воздействия на окружающую среду норматива ДОСНдо выполнена в соответствии с Положением об ОВОС (Приказ Госкомэкологии от 16 мая 2000 г. № 372), Федеральным Законом ФЗ №7 Об охране окружающей среды (2002 г), Инструкцией «По экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности» (Приложение к приказу Минприроды России от 29 декабря 1995 года N 539).

Согласно Техническому заданию к Государственному контракту № 17К/2016 от 15 июня 2016 г. при подготовке проекта норматива ДОСНдо водных объектов проведение оценки воздействия на окружающую среду осуществляется поэтапно:

- предварительная экологическая оценка существующих методических подхо-

дов к нормированию содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях;

- лабораторные исследования (в том числе, модельные эксперименты), натурное моделирование, полевые исследования на реках и озерах; разработка на их основе критериев экологического нормирования и проекта норматива ДОСНдо;

- подготовка материалов по оценке воздействия проектируемого норматива ДОСНдо для предоставления их на государственную экспертизу.

ОВОС выполнена для стадии - подготовка окончательных материалов по оценке воздействия на окружающую среду (далее МОВОС) проектируемого дифференцированного норматива ДОСНдо для предоставления их на государственную экологическую экспертизу.

Оценка проведена на базе ранее выполненных научных исследований, на основе которых был установлен ПДУ_{до}, опубликованных и фондовых материалов, официальных баз данных о состоянии природной среды в рассматриваемом районе, анализа литературных источников, лабораторных и модельных экспериментов, обобщения и анализа данных мониторинга состояния водных и донных биоценозов ключевых объектов исследований.

Исполнителем ОВОС собрана информация:

- о существующих методических подходах к нормированию содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях;
- состоянию окружающей среды, которая может подвергнуться воздействию, наиболее уязвимых ее компонентов;
- о возможных значимых воздействиях на окружающую среду.

Исполнителем ОВОС разработано «Временное методическое руководство по нормированию уровня содержания химических веществ в ДО поверхностных водных объектов (на примере нефти)» (согласовано окружным комитетом ООС ХМАО 20.03.2000 г., Росрыбхозом, 3.12.2001 г., утверждено МПР РФ и Минсельхозом РФ в декабре 2001 г.);

- установлен норматив – ПДУ_{до} нефти и нефтепродуктов в песчано-илистых ДО водных объектов;

- выполнены 3-летние исследования на водоемах Южно-Аганского ЛУ

ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз», где проводились восстановительные работы на 3-х озерах;

- установлена и обоснована величина норматива ДОСНдо.

На основании результатов предварительной экологической оценки, анализа литературы, полевых экологических исследований, лабораторных исследований, модельных экспериментов разработаны материалы ОВОС, которые представляются для обсуждения общественностью и заинтересованными сторонами с целью получения предложений и замечаний. Специальные требования об обязательности и формах участия общественности в процедуре проведения оценки воздействия установлены «Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» 2000 г. и исполняются в соответствии с ним.

К наиболее значимым потенциальным воздействиям на окружающую среду остаточного содержания нефтепродуктов в донных отложениях, относятся: нарушение свойств водоемов как природных объектов, нарушение биоразнообразия, потеря рыбохозяйственной ценности водных объектов.

В связи с этим, при выполнении предварительной ОВОС внимание уделено:

- изучению состояния водных объектов в районах намечаемого внедрения норматива;

- характеристике структуры и функционирования сообществ гидробионтов;

- оценке биологического разнообразия макрзообентоса в донных отложениях водоемов;

- установлению биологических индикаторов экологического состояния донных отложений и граничных значений нормы для этих индикаторов;

- установление предельного уровня содержания нефтепродуктов, вызывающего устойчивое угнетение биоиндикаторов.

2 НОРМАТИВНО-ПРАВОВАЯ БАЗА И МЕТОДОЛОГИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОВОС

2.1 Нормативно-правовая база

Предварительная оценка воздействия на окружающую среду проектируемого норматива ДОСН ДО выполнена в соответствии с Положением об ОВОС (Приказ Госкомэкологии от 16 мая 2000 г. № 372) и Федеральным Законом №7 «Об охране окружающей среды» (ФЗ N 7 от 10.01.02 г. с изменениями от 26.06.07 г.).

В ст. 1 закона РФ «Об охране окружающей среды» ОВОС определяется как «...вид деятельности по выявлению, анализу и учету прямых, косвенных и иных последствий воздействия на окружающую среду планируемой хозяйственной и иной деятельности в целях принятия решения о возможности или невозможности ее осуществления». Закон (ст. 3) предписывает обязательность выполнения ОВОС при принятии решений об осуществлении хозяйственной и иной деятельности. Порядок проведения ОВОС и состав материалов регламентируется Положением об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности, 2000 (далее Положение..., 2000). Согласно Положению..., 2000, при проведении оценки воздействия на окружающую среду Заказчик (Исполнитель) обеспечивает использование полной и достоверной исходной информации, средств и методов измерения, расчетов, оценок в соответствии с законодательством РФ.

Степень детализации и полноты ОВОС определяется, исходя из особенностей намечаемой хозяйственной и иной деятельности, и должна быть достаточной для определения и оценки возможных экологических и связанных с ними социальных, экономических и иных последствий реализации намечаемой деятельности.

При подготовке ОВОС использованы следующие инструктивно-методические и нормативные документы:

Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности» (Приложение к приказу Минприроды России от 29 декабря 1995 N 539).

Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти)». М. 2002.

Постановление об утверждении регионального норматива “Предельно допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории Ханты–Мансийского автономного округа Югры”. № 441-п. Ханты-Мансийск, 2004.

Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 "Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения".

2.2 Методология и методы, использованные в ОВОС

Оценка воздействия норматива ДОСН до на окружающую среду выполнена с использованием методических рекомендаций, инструкций и пособий, регламентированных российским экологическим законодательством; нормативно правовых актов в области регулирования природопользования и охраны окружающей среды.

Для организации процесса общественного участия в процедуре ОВОС использованы следующие методы:

- информирование местного населения через местные газеты, интернет ресурсы, предоставление технического задания и предварительных материалов ОВОС для ознакомления в администрации муниципальных образований;

- общественные слушания предварительных материалов ОВОС, составление протоколов и документирование замечаний и предложений.

Поступившие в ходе общественных обсуждений замечания и предложения учтены Исполнителем при подготовке окончательных ОВОС.

При оценке воздействия норматива ДОСН до на окружающую среду использованы следующие методы:

- метод причинно-следственных связей для анализа прямых и косвенных воздействий;

- методы лабораторного и натурного моделирования;

- методы полевых исследований;

- расчетные и статистические методы.

3 ЦЕЛЬ И ПОТРЕБНОСТЬ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

За период развития НГК в Тюменской области сотни малых рек и тысячи озер потеряли рыбохозяйственное значение [1]. Их экосистемы зачастую необратимо нарушены. Мониторинг на водных объектах ХМАО-Югра, в основном, проводится на крупных реках Обь, Иртыш и их больших притоках, однако особо страдают от антропогенного пресса средние и малые реки, пересекающие территории нефтяных месторождений и бессточные озера, ДО которых накапливают огромное количество компонентов нефти (арены, парафины, нафтены, ПАУ, смолы и др.).

В 2015 г. из 1252 проб ДО, отобранных в ходе мониторинга, только 215 (17 %) относились к озерным. Вместе с тем на их долю пришлось 24 % экстремально и критически загрязненных проб, на реки – 6 %. В то же время чистых и слабо загрязненных ДО в реках было 44,2 %, в озерах – 21,8 %. Все это говорит о более сильном и давнем загрязнении озер, что требует принятия неотложных мер по их реабилитации и восстановлению, для чего необходимо установление нормативов, которые, согласно ст. 19, 21 ФЗ «Об охране окружающей среды» направлены «на сохранение естественных экологических систем, генетического фонда растительных, животных и др. организмов, и при установлении которых учитываются природные особенности территорий и акваторий».

Поэтому целью настоящей работы является разработка дифференцированных нормативов – допустимого остаточного содержания нефти (ДОСН_{ДО}) в минеральных и органогенных донных отложениях водоемов после восстановительных работ.

С нашей точки зрения ДОСН_{ДО} – это не ПДК, это экологический, но временный норматив, который представляет собой уровень нефтяного загрязнения, при котором экосистема водоема, хотя и не вернется к исходному уровню, но сможет выполнять функции естественного биотического круговорота – самоочищение и создание продукции, в том числе и высшего трофического звена – ихтиофауны.

Норматив ДОСН_{ДО} установлен с учетом региональных абиотических (фоновых) показателей и состояния водоемов, чьи экосистемы соответствуют критериям экологического благополучия (нормальное воспроизводство основных звеньев экосистемы).

Норматив ПДУ_{ДО} нефти и НП (0,02 г/кг), разработанный нами на основе «Временного методического руководства» (М., 2002), апробированный на реках Обь-Иртышского бассейна, адекватно оценивает фоновое состояние водотоков с песчано-илистыми ДО. Как сам норматив, так и классификация уровней загрязнения нефтепродуктами водотоков, подтверждены исследованиями на других бассейнах крупных рек (Волжском, Печорском, Верхне-Обском и т.д.) и др. Поэтому для водотоков нет необходимости разрабатывать временные нормативы. Следует конкретизировать норматив 0,02 г/кг для рек, в которых, как известно, преобладающим типом ДО (до 90 %) являются песчаные, песчано-илистые ДО, и принятием расширенной классификации (таблица 1) [2].

Таблица 1 – Классификация уровней загрязнения песчано-илистых ДО водотоков компонентами нефти по состоянию бактерио- и макрозообентоса

Балл	Уровень загрязнения	Содержание нефтяных компонентов, г/кг	Характеристика состояния донного сообщества
0	Фоновое	<0,02 ПДУ _{ДО} =0,02	Не отмечается изменений видового разнообразия и количественных показателей бентического сообщества.
1	Слабое	0,021-0,050	Незначительные изменения количественных показателей бентоса (численность, биомасса). Стимуляция численности и биомассы сапрофитных и нефтеокисляющих микроорганизмов, увеличение видового разнообразия и численности хирономид.
2	Умеренное	0,051-0,150	Пороговое состояние: выпадение из сообщества чувствительных видов и перестройка в сторону преобладания наиболее устойчивых видов хирономид, олигохет, пик плотности олигохет р. <i>Limnodrilus</i> . Встречаются наиболее устойчивые виды поденок, ручейников, пиявок
3	Сильное	0,151-0,500	Область нарастающих изменений: снижение видового разнообразия, замена мелких форм хирономид на крупные устойчивые виды рода <i>Chironomus</i> , массовое развитие олигохет рода <i>Limnodrilus</i> . Снижение количественных показателей, как отдельных групп, так и зообентоса в целом.

Продолжение таблицы 1			
4	Экстремальное	0,501-5,000	Резкое обеднение донного сообщества. Пик плотности устойчивых хирономид и олигохет. Выпадение из сообщества чувствительных видов ручейников, поденок, вислокрылок, мокрецов, жуков, слепней, нематод, остракод, пиявок, двустворчатых моллюсков. Стимуляция размножения нефтеокисляющих бактерий и снижение численности сапрофитов
5	Критическое	>5,0	Нарушение сообщества по всем структурно-функциональным показателям, резкое снижение количественных показателей, доминирование только устойчивых видов хирономид рода <i>Chironomus</i> , и олигохет рода <i>Limnodrilus</i> , снижение численности нефтеокисляющих микроорганизмов

Разработанный Исполнителем норматив ДОСН_{ДО} является к экологическим критериям. Его теоретической основой является установление порогового уровня содержания нефтепродуктов в донных отложениях, позволяющего водному объекту самостоятельно вернуться к естественному фоновому состоянию за счет природных механизмов саморегуляции. При этом концентрация нефтепродуктов не должна оказывать влияния на бентос и других гидробионтов.

Таким образом, целью проведения ОВОС является обоснование экологической безопасности величины проектируемого норматива допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в донных отложениях водных объектов ХМАО для предотвращения дальнейшего негативного воздействия нефтезагрязнения на окружающую среду с учетом природоохранного законодательства, природно-климатических особенностей и хозяйственного использования территории.

4 ОПИСАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ

Согласно требованиям «Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации» 2000 г, при оценке воздействия на окружающую среду необходимо проанализировать альтернативные варианты решений. В качестве альтернативных вариантов рассмотрены:

- нулевой вариант;
- предлагаемый дифференцированный норматив допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в минеральных и органогенных донных отложениях (г/кг) с контролем суммарного количества углеводородных компонент методами ИК-фотометрии или флуориметрии и содержания ОВ по величине потери при прокаливании (ППП, %):

Тип ДО	ППП, %	Метод контроля суммы УВ (НП)	ДОН _{ДО} , г/кг
<i>Минеральные</i>	0 – 10	ИК-фотометрия или флуориметрия	0,2
<i>Органогенные</i>	60-100	ИК-фотометрия	4,0
		Флуориметрия	1,0
<i>Смешанные</i>	10 – 60	ИК-фотометрия	0,076хППП – 0,56
		Флуориметрия	0,016хППП + 0.04

- превышающий величину дифференцированного норматива.

4.1 Нулевой вариант

Нулевой вариант предусматривает отказ от реализации проекта, то есть от необходимости разработки норматива ДОН_{ДО}. Такой вариант не позволяет решить проблемы современной экологической обстановки в регионе и не отвечает требованиям охраны окружающей среды. При оценке существующего состояния водных объектов территории ХМАО установлено, что нефтепродукты являются самой характерной группой загрязняющих веществ, как по масштабам охвата территории, так и по степени их вклада в общую загрязненность водных объектов. Присутствие нефтепродуктов в воде и донных отложениях является в значительной степени

следствием несоблюдения природоохранных требований к проведению рекультивационных (восстановительных) работ в районах нефтедобычи. В условиях отсутствия законодательно определенных критериев оценки качества этих работ, субъекты хозяйственной деятельности получают возможность проводить их по минимальной схеме или не проводить вообще.

Установленный нами и действующий в настоящее время региональный **эколого-рыбохозяйственный** норматив ПДУ_{ДО} - 20 мг/кг [3] предназначен для контроля за состоянием рек с песчано-илистыми отложениями, направлен на **предотвращение** загрязнения и сохранение водной экосистемы, и не может быть использован для оценки качества проведения рекультивационных работ на озерах в районе нефтедобычи. Прогрессирующее загрязнение водоемов нефтью и нефтепромысловыми водами в зонах интенсивной нефтедобычи ведет к их неизбежной деградации и вследствие длительного процесса самоочищения ДО водоемов рассчитывать на их самовосстановление в обозримые сроки не приходится.

4.2 Предлагаемый норматив

В Законе «Об охране окружающей среды», (2002 г.) предписывается использование таких нормативов качества окружающей среды, которые «устанавливаются для оценки состояния окружающей среды в целях сохранения естественных экологических систем, генетического фонда растений, животных и других организмов». Основной задачей экологического нормирования является оценка влияния токсических веществ не только на отдельные организмы (биотестирование), но и на типичные для изучаемых биоценозов надорганизменные системы (популяции, сообщества), которым свойственны специфические реакции на антропогенные воздействия. Установлению норматива предшествует определение пороговых нагрузок поллютантов, не вызывающих угнетения конкретных популяций и биоценозов, при этом для определения оптимума состояния экосистемы необходимо располагать показателями ее качества, определяемыми на основе гидрохимических, гидробиологических показателей и результатов токсикологических исследований.

Для разработки норматива ДОСН_{ДО} мы использовали критерии:

- *состав экстрагируемого органического вещества ДО*, определенный различными физико-химическими методами;
- *распределение гидрофобного органического вещества по глубине ДО и дну озера*;
- *лабораторное моделирование* поведения нефтяного загрязнения на границе «ДО-вода»;
- *лабораторные эксперименты с набором бентосных организмов*;
- *натурное моделирование* - изучение заселения мезокосмов с дозированным внесением нефти организмами макрозообентоса на чистом водоеме;
- *исследование экосистемы хронически загрязненных нефтью водных объектов*, в том числе тех, где проводилась очистка ДО;
- *изучение биоты*: видового состава, численности и биомассы для бактериальных сообществ, фито- и зоопланктона, макрозообентоса в ходе натуральных исследований;
- *установление зависимостей* между различными показателями с применением статистического, коррелятивного и кластерного анализов.

При определении границы нормы содержания нефтепродуктов в ДО учитывалось, что два наиболее распространенных в контролирующих организациях метода количественного измерения НП – ИК-фотометрия (ПНД Ф 16.1.2:2.22–98, новая редакция 2005 г.) и флуориметрия (ПНД Ф 16.1:2.21–98, новая редакция 2010 г.) обладают разной селективностью и чувствительностью по отношению к углеводородным компонентам нефти: ИК-фотометрия избирательно чувствительна к алифатическим, а флуориметрия – к ароматическим углеводородам. Кроме того, присутствие в пробах ДО эндогенных (нативных) углеводородов, не отделяемых в процессе пробоподготовки, может существенно повлиять на результаты измерений. Поэтому величина норматива разрабатывалась с учетом специфических особенностей методов инструментального контроля НП. Кроме этого, учитывались сорбционные способности субстрата ДО разных типов по отношению к нефти и присутствие в нем эндогенных УВ.

Величины предлагаемого дифференцированного норматива нефти и НП для двух типов ДО и двух наиболее распространенных методов контроля углеводородных загрязнений лежат практически на верхней границе максимальных фоновых значений, характерных для 90-95% изученных водных фоновых объектов территории ХМАО. Величина ДОСН_{ДО} совпадает с пороговой границей изменения показателей для индикаторных организмов (при этом наблюдается корреляция между значением ДОСН_{ДО} и биологическим разнообразием бентосного сообщества в ДО озер), а также с пороговой границей токсичности для разных уровней организации гидробионтов при лабораторном и натурном моделировании.

4.3 Вариант норматива, превышающий предлагаемое значение ДОСН_{ДО}

Более высокие, чем заявленные величины, содержания УВ при нормировании количества нефти и нефтепродуктов в донных отложениях, рассмотрены в материалах ОВОС как альтернативный вариант для доказательства обоснованности выбранного проектируемого норматива. Варианты 4.2 и 4.3 сравнивались в отношении влияния загрязнения ДО на свойства и состояние вод, структурно-функциональные показатели живых систем разного уровня. В качестве доказательств, свидетельствующих в пользу варианта 4.2, на основе лабораторного и натурального моделирования, анализа состава и характеристик органического загрязнения ДО изучались многочисленные признаки негативного влияния нефти на абиотическую и биотическую среду, в частности проявления угнетения конкретных организмов, популяций и биоценозов, выявленные при более высоких уровнях загрязнения нефтью ДО (раздел 10 ОВОС).

Отдельной частью работы по анализу последствий загрязнений ДО с превышением ДОСН стал опыт трехлетней работы на водоемах лицензионного участка ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» с ООО «Эковек», где имеются три сильно загрязненных нефтью внутриболотных озера (исходное содержание НП в ДО до очистки в 100-300 раз превышало ДОСН) и относительно чистые водоемы, не подвергнутые загрязнению.

5 ОПИСАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

5.1 Гидросфера

5.1.1 Гидрография

Ханты-Мансийский автономный округ занимает центральную часть Западно-Сибирской низменности, протянувшись с запада на восток почти на 1400 км - от Уральского хребта до Обско-Енисейского водораздела. С севера на юг округ простирается приблизительно на 800 км, располагаясь в зоне тайги 58°30' и 65°30' северной широты в зоне северной и средней тайги. Протяжённость границ округа составляет 4750 км. Территория округа представляет собой обширную, плоско-волнистую слабо расчленённую заболоченную равнину с абсолютными отметками высот, редко достигающими 200 м над уровнем моря [4].

Плоский рельеф территорий, избыточное увлажнение, наличие пород с низкими фильтрационными свойствами, близкое к поверхности залегание грунтовых вод и слабый их дренаж создают благоприятные условия для широкого развития в пределах озерно-аллювиальных равнин процессов заболачивания и образования озер.

Заболоченность территории около 40%, а в отдельных её частях (бассейны рек Лямина, Пима, Тромъёгана, Агана) увеличивается до 70% [5]. Болота покрывают в основном водораздельные пространства и широкие террасы крупных рек. Некоторые междуречные пространства болота покрывают сплошным плащом, образуя крупнейшие в мире болотные системы площадью до 15 тыс. км² и даже до 50 тыс. км² (Васюганское болото и др.). Центральные части этих систем, занимающие около половины их площади, имеют вид хорошо выраженных почти горизонтальных плато.

Наиболее распространенной формой рельефа являются речные долины, имеющие все свойственные им элементы. Для крупных рек характерны сильно разработанные долины с четко прослеживающимися двумя надпойменными террасами, суммарная ширина которых вместе с поймой достигает 160-180 км [6].

5.1.2 Гидрологический режим

Гидрографическая сеть ХМАО относится к бассейну Карского моря. Она представлена большим количеством водотоков, болот и озер, что является следствием избыточного увлажнения территории, равнинности рельефа и близкого залегания водоупорных горизонтов. Небольшие уклоны местности определяют медленное течение рек и большой коэффициент извилистости. Общая протяженность гидросети около 100 тыс. км, из которых большую часть составляют малые реки.

Основными водными артериями округа являются Обь (среднее течение) и Иртыш (нижнее течение). Обь течет здесь в пределах таежной (лесоболотной) зоны, имеет субширотное направление и принимает притоки как справа, так и слева. Ее долина сильно расширяется, а русло разбивается на множество рукавов и протоков, основными из которых являются Юганская Обь, Салымские протоки и др. На территории округа насчитывается более 2 тыс. больших и малых рек общей протяженностью 172 тыс. км. К числу значительных рек следует отнести притоки Оби: Вах, Аган, Тромъёган, Большой Юган, Лямин, Пим, Большой Салым, Назым, Северную Сосьву, Казым, а также притоки Иртыша - реки Конду и Согом. В округе более 10 рек, длина которых превышает 500 км. Реки ХМАО образуют хорошо развитую внутриболотную речную сеть на обширных водораздельных пространствах между средними реками, сплошь покрытых сильно обводнёнными болотами с множеством озёр различных размеров. Внутриболотные реки Лямин-Вахского района (Сургутское Полесье) имеют своеобразную структуру речной сети. Особенность её состоит в том, что из-за огромного количества озёр на водораздельных пространствах водотоки в сочетании с озёрными водоёмами, через которые они протекают, образуют единую гидрографическую сеть, представляющую собой систему озёр, соединённых между собой небольшими протоками.

В округе насчитывается около 290 тыс. озер, общей площадью около 300 тыс. км², большая часть которых (70 %) сосредоточена в Среднем Приобье. Большинство из них мелкие, средние глубины составляют 0,7-1,5 м. До 99% числа озёр не превышают по площади 1 км², средняя площадь озера составляет около 8 га [7].

Озёра площадью более 0,1 км² по своему происхождению могут быть как первичными, так и вторичными. По характеру связи с речной сетью озёра разделяются на проточные, сточные и бессточные. Большинство озёр в ХМАО являются бессточными, т.е. не имеющими стока через открытую речную сеть. Преимущественно это малые по размерам озёра, площадью до 100 га. Бессточные озёра большой площади очень редки. Из общего количества озёр на долю бессточных приходится около 90%, на долю проточных и сточных – всего 10-12%.

5.1.3 Климат

Географическое положение территории определяет ее климатические особенности. Климат района резко континентальный, влажный, характеризующийся быстрой сменой погодных условий, особенно осенью и весной, а также в течение суток. На формирование климата существенное влияние оказывает защищённость территории с запада Уральским хребтом и открытость с севера, способствующая беспрепятственному проникновению холодных арктических масс. Немаловажную роль играет равнинный характер местности с большим количеством рек, озёр и болот. Зима суровая и продолжительная с устойчивым снежным покровом, лето короткое и сравнительно тёплое. Для переходных сезонов (весна, осень) характерны поздние весенние и ранние осенние заморозки [7].

По гидролого-климатическому районированию территория ХМАО относится к зонам избыточного и весьма избыточного увлажнения при недостаточной теплообеспеченности. Средняя температура воздуха по многолетним среднегодовым данным –3 °С.

5.1.4 Гидрохимические особенности озёр

Химический состав и минерализация озерных вод определяется водно-солевым балансом водоемов. Соли в озера поступают с поверхностными и подземными водами и атмосферными осадками на зеркало. По данным 60 – 70-х гг. XX столетия [6] общая минерализация воды внутриболотных озёр, которые в описывае-

мом районе составляют более 90% общего числа водоемов, вследствие крайне незначительных величин минерализации атмосферных осадков и болотных вод, питающих эти водоемы, была очень мала. Она колебалась в них обычно в пределах 15-70 мг/дм³, составляя в среднем 20-25 мг/дм³ [8]. В водоемах, находящихся на суходолах, в питании которых участвовали, наряду с атмосферными осадками, речные и грунтовые воды, отличающиеся более разнообразным химическим составом и повышенной концентрацией солей, минерализация воды, как правило, заметно была выше – до 100-150 мг/дм³ и более.

Таким образом, все озера Среднего Приобья по сумме ионов в 70-е годы XX столетия являлись пресными и ультрапресными. При этом не обнаруживалось сколько-нибудь четкой зависимости величины общей минерализации воды внутриболотных озер от размеров водоема [8].

Общая минерализация озерных вод изменяется не только по территории Среднего Приобья, что связано с географическим положением водоемов в северной или южной части его, в том или ином ландшафте, она более или менее заметно колеблется и во времени (по годам и сезонам года). Наименьшие величины ее приходятся на период весеннего подъема уровней, когда озерные воды разбавляются мало минерализованными талыми снеговыми водами. Примерно то же наблюдается и в отдельные периоды интенсивных дождей, поскольку минерализация дождевых вод составляет всего 12-17 мг/дм³. Наиболее высокие показатели общей минерализации воды в озерах чаще всего в марте, в конце периода ледостава, когда толщина льда на водоемах достигает максимальных значений.

В составе главных ионов в озерах обычно преобладают из анионов гидрокарбонатные и/или хлоридные ионы, а из катионов – ионы натрия. Следовательно, подавляющее большинство водоемов рассматриваемой территории являлись, по классификации О.А. Алекина (1970) [9], гидрокарбонато-натриевыми [6]. В настоящее время ситуация кардинально изменилась.

В озерах непрерывно происходит заиление, т.е. накопление отложений на дне их котловин. Состав, строение донных отложений, интенсивность их накоплений, видоизменение отложившегося материала во времени зависят от географических

особенностей бассейнов и режима каждого водоема [6].

В состав отложений входят как автохтонные – образующиеся в самом водоеме частицы, так и аллохтонные – поступившие в него извне. В накоплении донных отложений прослеживается периодичность, связанная с сезонными и многолетними изменениями режима водоемов. Наибольшее количество минеральных частиц поступает в периоды со значительным твердым стоком (во время половодий и в многоводные годы), а так же при значительных колебаниях уровня и связанной с ними интенсивной переработкой берегов [10]. Состав и строение донных отложений значительно изменяются под воздействием организмов бентоса и деятельности бактерий в верхних слоях донного грунта дна. Организмы бентоса роют и размельчают илы, частично преобразуют уплотняют их, пополняют отложения своими трупами при отмирании. Бактерии производят еще более существенные химические изменения илов. Гнилостные бактерии разрушают белки, железобактерии способствуют концентрации железа и накоплению озерных железных руд.

Торфянистые или гуминовые илы образуются также в озерах лесной зоны, но преимущественно в дистрофных, где вода бедна минеральными веществами, но насыщена органическими соединениями, состоящими главным образом из очень стойких гуминовых веществ. Вода кислая. Органическая жизнь бедна, так как присутствие гуминовых соединений неблагоприятно для ее развития. Структура илов более грубая – хлопьевидная, торфянистая. Зольность мала [6].

5.1.5 Болотные экосистемы и загрязнение

Болотные экосистемы наиболее ощутимо загрязняются неизбежными аварийными разливами нефти, буровыми растворами, другими веществами и продуктами добычи и транспортировки нефти. Эти жидкие загрязнения растекаются по направлению движения болотных вод. Скорость и площади растекания зависят от объема выбросов, уклона поверхности, уровней грунтовых вод и типов болотных микроландшафтов. При разливе нефти болотная растительность погибает. При этом глубина проникновения нефти обычно невелика и зависит от плотности деятельного горизонта торфа и уровней грунтовых вод. В сфагново-осоковых группировках она

проникает на глубину 3-5 см, а в сфагново-кустарниковых на 10-15 см. На минеральных почвах и грунтах нефть может проникать до глубины 100 см. Тяжелые фракции нефти на торфяной залежи практически не перемещаются. При падении уровня грунтовых вод нефть опускается на поверхности болота и постепенно затвердевает, образуя битумообразную корку [11, 12].

В отличие от прочих, болотные биогеоценозы являются не только аккумуляторами токсикантов, но и активными биологическими фильтрами, способными в процессе фотосинтеза и метаболизма трансформировать и до определенной степени нейтрализовать действие некоторых из них. Торфяники и торфяные почвы способствуют развитию восстановительных процессов, влияющих на подвижность ряда элементов зоны аккумуляции – сульфидов, карбонатов, фосфатов и др. Верховые и переходные виды торфа с кислой реакцией среды способствуют большому поглощению анионов, а низинные увеличивают сорбционные способности торфяных почв к катионам. Не менее важна способность торфа частично или полностью обессоливать фильтрующиеся через него растворы [13].

Роль торфяных почв и торфяников при формировании состава природных вод неоднозначна. Во всяком случае, они являются мощными естественными геохимическими барьерами на пути миграции химических веществ техногенного происхождения. Слаборазложившиеся растительные остатки способны механически задерживать в торфе компоненты загрязнения. В целом же торфяные болота выполняют роль природных ловушек, которые сорбируют и тем самым задерживают или захоранивают многие, в т.ч. токсичные вещества, например продукты нефти и нефтедобычи. Использование торфа в качестве сорбента определяется его микроструктурой, пористостью, дисперсностью, а так же очень высокой удельной поверхностью его вещества (до 200 кв. м на 1 г) [7].

Вместе с тем, в условиях сильного антропогенного пресса болота из накопителей и перераспределителей вод, одновременно превращаются в перераспределители загрязнения.

5.1.6 Загрязнение поверхностных вод и ДО нефтепродуктами

По данным [13] на территории только одного ОАО «Юганскнефтегаз» выявлено 611 нефтезагрязненных участков общей площадью более 750 га. Около 2/3 загрязненной территории приходится на болота (таблица 2), внутри них находится большое количество мелких озер, в ДО которых в течение всего срока нефтепромысловых работ аккумулируются углеводородные загрязнения. При этом на 26 % разливов (около 1 га) приходится почти 85% замазученной территории.

Таблица 2 – Биотопическое распределение нефтяного загрязнения производственной территории ОАО «Юганскнефтегаз»

Биотопы	Количество загрязненных участков, шт.	Доля от общего кол-ва, %	Площадь загрязнения, га	Доля от общей площади, %
Болота	338	55,4	516,8	68,6
Водные поверхности	106	17,3	27,8	3,7
Минерализов. поверхности	13	2,1	10,2	1,4
Лесные земли	128	20,9	153,4	20,4
Пойменные земли	20	3,3	43,2	5,7
Прочее	6	1,0	1,39	0,2
Всего	611	100	752,8	100

Анализ материалов ФГБНУ «Госрыбцентр» (ранее «СибрыбНИИпроект») за период с 1991 по 2001 г. по загрязнению нефтепродуктами рек Обь-Иртышского бассейна (766 проб) показал, что 65% ДО имели минеральную и по 18% органогенную или органоминеральную структуру [14].

В соответствии с предложенной нами классификацией НП (таблица 3) ДО ранжировались следующим образом (таблица 4):

Таблица 3 - Классификация уровней загрязнения ДО нефтепродуктами

Уровень загрязнения	Диапазон концентраций, мг/кг
Чистые	0 – 20
Слабозагрязненные	21-50
Загрязненные	51-200
Грязные	201-500
Очень грязные	Свыше 500

Таблица 4 – Распределение проб ДО определенной структуры по уровням загрязнения (в процентах)

Структура грунта	Концентрация нефтепродуктов, мг/кг				
	0-20	21-50	51-200	201-500	> 500
Минеральные	56,5	27	13	1,5	2
в т. ч. - песок крупнозернистый	67	18	12	1	2
-песок	62	25	8	2	3
-песок с глиной	61	23	14	0	1,5
-глина	36	41	21	2	0
Органо-минеральные	20	27,5	30	11	11,5
в т. ч. - песок заиленный	42	26	29	0	2,6
-глина заиленная	24	33	38	0	5
-песок с растительностью	13	35	33	13	6,5
-глина с растительностью	7	7	21	28,5	36
Органогенные	14	19	20	12	35
в т. ч. – ил	29	33	23,5	4	10
- торф	9	9	13,5	13,5	54,5

Наиболее чистыми являлись пробы ДО, представленные песком. В 60% песчаных проб содержание нефтепродуктов не превышало ПДУ_{до} (20 мг/кг). Пробы ДО, представленные глиной, заиленной глиной и заиленным песком почти в равных долях распределены между тремя уровнями загрязнения: «чистые», «слабозагрязненные» и «загрязненные». Наиболее грязными являются глины с примесью растительных остатков и торф, 65% этих грунтов имели концентрацию нефтепродуктов превышающую ПДУ в 10 и более раз. Такое распределение проб донных отложений разной структуры по уровням загрязнения зависит не только от степени загрязнения данного участка водоема нефтью, но и от сорбционной способности грунтов, а так-

же от естественного фона углеводородов. Показано, что сорбционная способность грунтов увеличивается в ряду: песок, глина, ил, торф. Естественный фон УВ зависит от присутствия в грунтах ОВ.

Анализ материалов мониторинговых исследований за 2015 г., предоставленный нам Природнадзором ХМАО, показал, что и в настоящее время контроль на территории лицензионных участков нефтедобывающих предприятий в основном осуществляется на реках. Данных по озерам несопоставимо меньше (из 1467 пунктов мониторинга только 215 относятся к озерам). Распределение проб ДО по содержанию НП (таблица 5) приведено в соответствии с классификацией, построенной на основании ответных реакций водных организмов, популяций и донных сообществ микрофлоры и макрозообентоса (см. таблица 1).

Таблица 5 – Распределение проб ДО рек и озер ХМАО по уровню загрязнения нефтепродуктами

Класс	Уровень загрязнения	Содержание нефтяных УВ, г/кг	Распределение НП в ДО, %	
			реки, 1252 пробы	озера, 215 проб
I	Фоновый	< 0.02	22,9	7,4
II	Слабый	0,021 – 0,050	21,3	14,4
III	Умеренный	0,051 – 0,150	36,5	44,7
IV	Сильный	0,151 – 0,500	13,2	9,3
V	Экстремальный	0,50 – 5,00	5,8	21,8
VI	Критический	> 5,00	0,3	2,33

Для крупных озер Сургутского и Нижневартовского районов (по 23 пробам) концентрация НП в воде изменялась в пределах 0.02-0.16 мг/л со средним значением вблизи ПДК_р – 0.06 мг/л. Для ДО среднее содержание НП составляло 449 мг/кг с диапазоном от 5 до 4665 мг/кг. Среди озерных ДО, содержащих нефтепродуктов на уровне фона, всего 7,4% (среди рек 22,9%), а экстремально и критически загрязненных ДО – 24,1% (среди рек – 6,1 %). Таким образом, удельная доля озер с фоновым загрязнением ДО в 2015 г. была в 3 раза меньше, а экстремально и критически загрязненных в 4 раза больше, чем в реках.

Апробация установленного нами норматива ПДУ_{ДО} НП для поверхностных водных объектов 0,02 г/кг [2] показала, что он адекватно оценивает фоновое состоя-

ние водотоков с песчаными и песчано-илистыми ДО. Поэтому пересматривать его нет необходимости, тем более, что методов очистки дна рек практически не существует.

Общее количество озер на территории ХМАО около трехсот тысяч и все они разные [6]. Значительная часть озер находится среди болот, что формирует специфический характер воды и тип донных отложений. Меньшая часть имеет песчаные, песчано-илистые, илистые, песчано-глинистые ДО. Наиболее подвержены техногенному воздействию непроточные озера, у которых не происходит разгрузка в водотоки. Загрязнители (нефть, нефтепродукты, солевые компоненты), попавшие в водоемы, накапливаются в донных отложениях, которые, в свою очередь, становятся источником вторичного загрязнения водных масс в **пределах растворимости**. Содержание НП в воде в большинстве случаев не коррелирует с таковым в ДО (коэффициент корреляции менее 0,2), что отмечается как для природных водоемов, так и при лабораторном моделировании.

Мониторинговые исследования, проведенные в 2000-2007 гг. на территории природного парка «Кондинские озера» [15] выявили, что в сапропелевых илах наибольшего по площади озера Арантур твердая фаза ДО содержит до 43 % органических веществ. Расположенное неподалеку Тальниковое месторождение влияет на содержание УВ: в воде – 0,02-0,10 мг/дм³, в донных отложениях - до 850 мг/кг. Самые низкие концентрации НП наблюдаются в ДО оз. Понтур (83 мг/кг), что характеризует пороговое состояние донной экосистемы. Достаточно высокие содержание НП в донных осадках других озер Парка по сравнению с низкими значениями в воде (не превышающих 0,14 мг/дм³) говорит о значительном нефтяном загрязнении в прошлом, в период нефтеразведки.

По данным исследований ФГУНПП «Аэрогеология» (Москва, 2008) на территории Саяногорского и Хохряковского лицензионных участков в органогенных донных отложениях трех пресноводных озер измерено содержание НП, которое составляло в среднем 7,5 г/кг при вариациях 5-12 г/кг, в торфяных почвах (по результатам химического анализа 1500 проб) - 1-20 г/кг. При изучении содержания нефтепродуктов в верхнем слое ДО озера Березовое (0-20 см) среднее количество их со-

ставляло 2,75 г/кг, а минимально-аномальное 3,61 г/кг. Значение фоновых содержаний по мнению авторов проекта составляет 2,20 г/кг.

По данным ЦБЛ экоаналитических и технологических исследований ИЭВЦ «Сургутнефтегаз», анализ торфяных ДО озер на территории НГДУ «Сургутнефть» (протокол №03/Р – 1395 от 20.09.2013) выявил содержание НП в диапазоне 1,8-21 г/кг, причем только 4 пробы из 14 имели значения, близкие к фоновым для органических ДО (2-4 г/кг), судя по количеству найденного ОВ. Для ряда озер с песчаными грунтами той же лабораторией проводились мониторинговые наблюдения за гидрохимическими показателями воды и загрязнением ДО в период 2007-2015 г.г. Результаты измерений суммы НП в песчаных ДО озера Тойхлор составили от <0,005 до 0,28 г/кг, для аналогичных грунтов озера Пильтанлор - от <0,005 до 0,16 г/кг, для озера Имлор - от <0,005 до 0,69 г/кг и для озера Качнылор от <0,01 до 0,420 г/кг. Вариабельность значений зависит от места отбора пробы ДО, а количество НП коррелирует с найденным содержанием органического вещества по ГОСТ 26213-91.

В [16,17] изучены озера, расположенные в зонах средней и северной тайги (59,9-62,6° северной широты). Их можно разделить на 2 группы: озера с фоновыми показателями и загрязненные озера, подвергнутые техногенному воздействию. Диаграммы содержания УВ в озерах в этом диапазоне широт имеют характерный «всплеск» (рисунок 1), что указывает на повышенные уровни углеводородного индекса в исследуемом регионе.

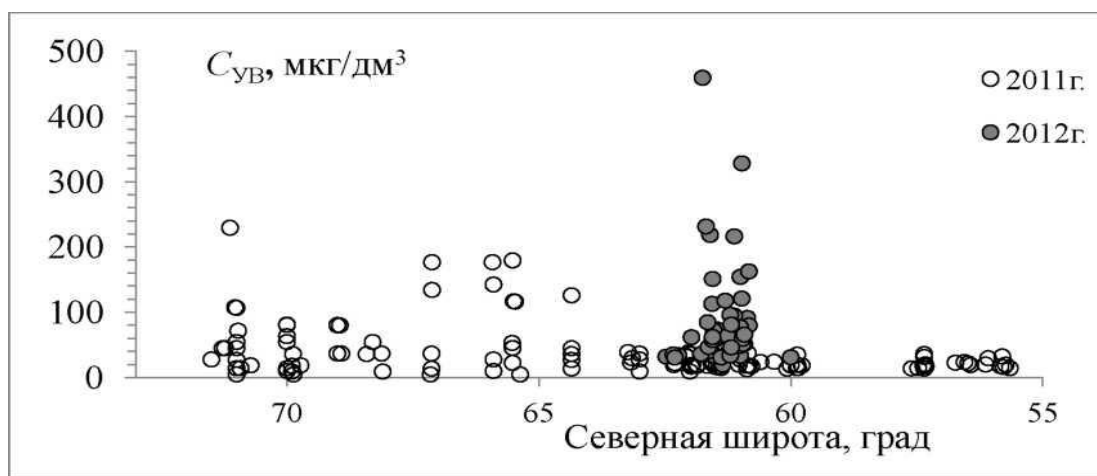


Рисунок 1 - Содержание углеводородов в малых озерах Западной Сибири в широтном градиенте по годам: 2011г. - фоновые озера; 2012г.- озера с возможным антропогенным загрязнением, по данным [16]

Содержание нефтепродуктов в фоновых донных отложениях хорошо коррелирует с содержанием органического вещества – рисунок 2.

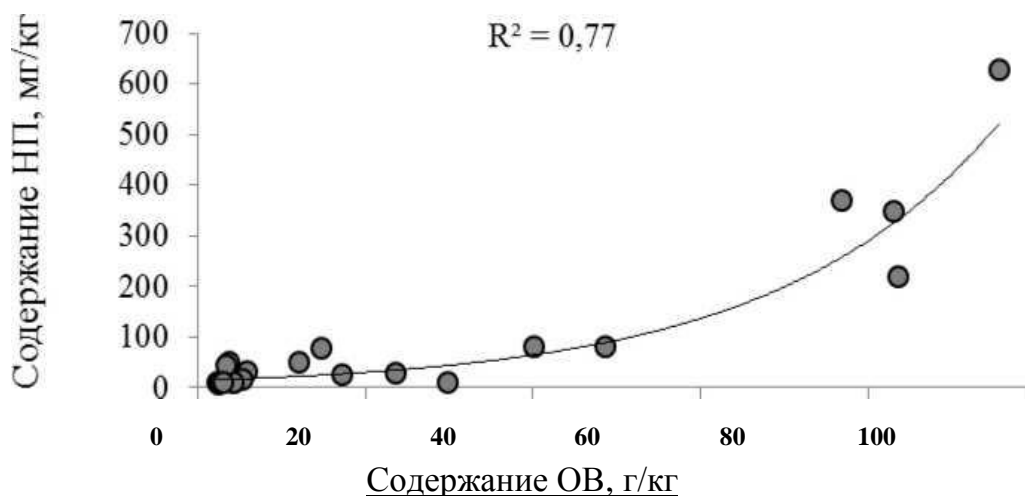


Рисунок 2 - Зависимость содержания НП от содержания ОВ в донных отложениях фоновых озер (2011 г)

В [18] для установления фонового содержания НП в ДО проанализированы данные обследований рек и озер ХМАО за период 1996 – 2011 гг. (всего 2826 проб). Медианные значения содержания НП в ДО в разные периоды исследований (1996-2006, 2007-2008, 2008-2011 гг.) составили 0,05, 0,03, 0,016 и 0,20 г/кг. Различие между полученными показателями связаны как с естественным природным варьированием, так и с применением для определения НП двух разных методов: ИК-фотометрии и флуориметрии, числовые значения для последнего метода меньше. Исследование загрязнения ДО озер нефтепродуктами с использованием флуориметрического метода показало, что для ДО озер Вильент содержание НП составило 0,05-0,50 г/кг, для Сыхтымлор – 0,5-2,0 г/кг, для Песчаного – 0,07-0,83 г/кг, для Пильтанлор – 0,31-0,62 г/кг, ДО озера Ленинградского оказались самыми грязными – две пробы содержали 7,6 и 61,2 г/кг нефтепродуктов.

По данным отчета СибНИПИРП [19], в органогенных ДО озера № 4 на территории Южно-Аганского ЛУ (в нашем исследовании это озеро используется как «контрольное»), содержание нефтепродуктов на различной глубине от поверхности ДО, практически одинаково (таблица 6), а среднее значение 3,37 г/кг может считать-

ся фоновым. Почти такое же количество НП обнаружено в ДО соседних озер № 5 и 6 – 3,415 и 3,57 г/кг, соответственно.

Таблица 6 - Содержание нефтепродуктов в пробах ДО озера № 4 [19]

№ п/п	№ сква- жины	Интервал опробования		Содержание НП, мг/кг
		от уреза воды, м	от поверхности ДО, м	
1	100/2	2,5-3,0	1,0-1,5	3 317
2		3,0-3,5	1,5-2,0	4 331
3		3,5-4,0	2,0-2,5	2 876
4		4,0-4,5	2,5-3,0	3 082
5		3,0-3,5	1,5-2,5	3 029
6		3,5-4,0	2,0-2,5	3 586
Min				2 876
Max				4 331
Среднее				3 370

Анализ, представленных в вышеперечисленных источниках данных по содержанию НП в ДО фоновых озер на территории ХМАО показал, что они не превышают значений ДОСН, установленных в настоящей работе.

5.2 Гидробионты. Растительный и животный мир озер Среднего Приобья

5.2.1 Фитопланктон

В научной литературе мало сведений о фитопланктоне озер таежной зоны. По неопубликованным данным В.С. Юхневой 1960-1970 гг. [6] в озерах Среднего Приобья в летний период были широко распространены зеленые, синезеленые и диатомовые водоросли (более 50 видов), которые преобладали по видовому составу и количественным показателям.

Встречались также золотистые (в основном *Dinobryon*) и пиррофитовые (*Peridinium* и *Ceratium*) водоросли. Весной и осенью преобладали диатомовые (*Melasira*, *Synedra*, *Asterionella*, *Tabellaria* и др.)

Среди синезеленых водорослей наиболее часто встречались *Anabaena*, *Microcystis* и *Merismopedia*, среди зеленых – *Bulbocheta*, *Pediastrum*, *Scenedesmus* и др. Из

всех исследуемых озер в Сургутском и Нефтеюганском районах наибольшим видовым разнообразием отличалось оз. Сыхтымлор.

В 2006 г. Е.Н. Науменко [20] в озерах и болотах природного парка «Сибирские увалы» в Нижневартовском районе было обнаружено 216 видов из 7 отделов, 51 семейства, 92 родов (таблица 7).

Таблица 7 - Систематическое разнообразие водорослей водоемов природного парка «Сибирские Увалы».

Отдел	Семейство	Род	Вид	% от общего числа видов
Cyanophyta	13	18	31	14,4
Chrysophyta	5	8	9	4,2
Bacillariophyta	9	18	55	25,5
Xanthophyta	8	9	10	4,6
Euglenophyta	1	3	6	2,8
Rhodophyta	1	1	1	0,4
Chlorophyta	14	35	104	48,1
Всего	51	92	216	100

Согласно этим данным наиболее крупными по числу видов были отделы Chlorophyta – зеленые, Bacillariophyta - диатомовые, Cyanophyta – синезеленые. Желтозеленые, золотистые, эвгленовые, красные составляли от 0,4 до 4,6 % от общего состава. В список наиболее крупных семейств входят Desmidiaceae (46 видов), Closteriaceae (26), Naviculaceae (18), Eunotiaceae (17), Mesotaeniaceae (9 видов), пять семейств объединяют 116 видов или 53,7 % видового состава. К ведущим родам относятся Closterium (26 видов), Eunotia (17), Pinnularia (11), Cosmarium (10 видов), только эти четыре рода содержат 64 вида, что составляет 30 % всей выявленной альгофлоры. Преобладание видов из таких родов, как Cosmarium, Closterium, Pinnularia, Eunotia свидетельствует о большой заболоченности исследуемой территории.

В ходе исследований, проведенных в 2011-2012 гг. АНО «Экотерра» [18, 21] в озерах Сургутского района (Пильтанлор, Сыхтымлор, Песчаное) было обнаружено 46 видов: синезеленых 4 (9 %), диатомовых – 12 (26 %), золотистых – 2 (4 %), зеленых – 25 (55 %), эвгленовых – 2 (4 %) и желтозеленых – 1 (2 %).

Наиболее разнообразны в озерах диатомовые, зеленые и синезеленые водо-

росли, на которые приходится 81% от общего видового списка. Соотношение видов по систематическим отделам водорослей в планктоне водоемов существенно не различалось.

К массовым видам в планктоне в водоемах отнесены эвгленовые водоросли *Trachelomonas volvocina*, диатомовые *Fragilaria construens*, *Asterionella formosa*, *Synedra acus*, зеленые – *Scenedesmus quadricauda*, *Dimorphococcus lunaris* и желтозеленая водоросль *Tribonema affine*.

В обследованных водоемах численность фитопланктона находилась в пределах 124,0-1060,0 тыс.кл/л, биомасса в пределах 179,48-139,99 мг/м³, при средних значениях указанных показателей 438,1 тыс.кл/л и 713,8 мг/м³. Основную часть численности и биомассы в планктоне водоемов создавали зеленые водоросли, при существенной доле диатомовых, а также эвгленовых водорослей. Наиболее продуктивным было оз. Пильтанлор, затем оз. Сыхтымлор, самые низкие количественные показатели и видовой состав водорослей отмечен в оз. Песчаное.

В озерах Нижневартовского района (Самотлор, Вильент, Ленинградское и 6 озер б/н) по данным 2011 г. обнаружено 48 видов: синезеленые- 4, диатомовые - 17, золотистые - 2, зеленые - 18, эвгленовые - 3, динофитовые - 3, желтозеленые - 1. Соотношение видов по систематическим отделам водорослей в планктоне озер существенно не различалось. Наиболее разнообразными в озерах были диатомовые и зеленые водоросли.

К массовым видам фитопланктона озер отнесены зеленые *Schroederia setigerici*, *Planktosphaeria gelatinosa*, диатомовые *Asterionella formosa*, *Fragilaria crotonensis*, динофитовые *Peridinium cinctum*, *Glenodinium quadridens*, *Ceratium hirundinella*, эвгленовые *Trachelomoncis volvocina* и желтозеленая водоросль *Tribonema affine*.

В обследованных озерах численность фитопланктона находилась в пределах 36,3 - 2222 тыс.кл/л, биомасса в пределах 87,4-1711,4 мг/м³, при средних значениях указанных показателей 723,5 тыс.кл/л и 979,6 мг/м³. Основную часть численности (50%) и биомассы (30%) в планктоне озер создавали диатомовые водоросли, при существенной доле зеленых и эвгленовых (от 16 до 22%). Кроме того, на долю ди-

нофитовых приходилось около 20% от общей биомассы фитопланктона.

Развитие фитопланктона в водоемах разного типа зависит в основном от содержания биогенов, легкоокисляемого ОВ автохтонного происхождения [22]. В озерах с высоким содержанием ОВ (по ПО), низким содержанием биогенов и низким значением рН фитопланктон развит слабо. «Цветение в таких водоемах, как правило, не наблюдается [6]. Наиболее разнообразен фитопланктон в водоемах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды.

5.2.2 Зоопланктон

По данным 1970 – 1979 гг. [6] зоопланктон, определенный более чем в 60 озерах, находящихся в бассейнах рек Назым, Лямин, Пим, Тромъеган, Аган, Бол. Салым и в ряде других водоемов (соров, стариц) Среднего Приобья, не отличался в целом большим разнообразием видов. Из 58 определенных видов зоопланктона 10 видов – коловратки, 17 веслоногих и 31 вид ветвистоусых рачков.

Состав зоопланктона был наиболее беден в озерах с кислой реакцией воды. Однако биомасса его иногда достигала в них 5—7 г/м³ (хотя обычно колебалась от 0,2 до 2,2 г/м³), преимущественно за счет рачка *Holopedium*, с участием в некоторых водоемах *Leptodora* и *Acanthocyclops*. В озерах со слабокислой реакцией воды животный планктон был значительно богаче. Только рачков встречено более 20 видов, из которых доминировали по численности *Chydorus*, *Acanthocyclops*, *Diaptomus* и *Bosmina*. Из коловраток наиболее часты были *Kellicottia* и *Asplanchna*. Биомасса зоопланктона варьировала обычно от 1,0 до 3—4 г/м³.

Плотность коловраток изменялась в широких пределах. Наиболее высокую численность (свыше 100 – 200 тыс. экз/м³) отмечали в некоторых озерах Имлорской группы, в том числе в оз. Сыхтымлор. При высокой численности биомасса коловраток не превышала 50 – 85 мг/м³.

Основной группой зоопланктона являлись кладоцеры: их численность колебалась в пределах 3,0 – 20 тыс. экз/м³, а биомасса достигала 7,0 – 25,4 г/м³ (в среднем 5 – 10 г/м³).

В составе зоопланктонного сообщества пресных непоименных озер северной

и средней тайги Западной Сибири обнаружено 45 видов беспозвоночных, относящихся к 3 основным систематическим группам [23]. На данной территории структурообразующий комплекс зоопланктона местных водоемов в основном состоит из небольшого числа видов (4-5), включающих представителей 3 таксономических групп. Доминирующие виды северной тайги входят в состав северного комплекса (севернее 60° с. ш.) и холодноводного комплекса зоопланктона умеренных широт (50-60° с. ш.), и типичны для водоемов Европейской части России. Доминирующие виды средней тайги входят в состав как холодноводного, так и тепловодного комплексов зоопланктона умеренных широт.

По результатам исследований АНО «Экотерра» [18, 21] в 2011-2012 гг. в зоопланктоне было обнаружено в озерах Нижневартовского района 40 видов, в том числе: коловраток – 14, ветвистоусых – 19 и веслоногих рачков – 7. Максимальное число видов (18) в оз. Ленинградском. Анализ видового состава показал, что подавляющее число встреченных коловраток и ракообразных относится к видам с широким географическим распространением, космополитам, а также к видам, свойственным умеренным широтам. К числу доминирующих видов коловраток Rotifera (одной из наиболее чувствительных к эвтрофированию групп зоопланктона) относятся *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina* и *Keratella cochlearis* - типичные представители ротаторного северного планктонного комплекса. К видам-индикаторам повышенной трофности из числа этой группы можно отнести *Euchlanis dilatata*, *Polyarthra luminosa*, виды р. Brachionus. Также среди коловраток была отмечена *Keratella serrulata* - вид, характерный для заболоченных водоемов. Основу пелагического планктонного комплекса составляют представители северной фауны (*Holopedium gibberum*, *Daphnia longispina*, *Eudiaptomus gracilis*), а также ряд эвритопных организмов, отличающихся широкой экологической валентностью (*Chydorus sphaericus*, *Bosmina longirostris*, *Mesocyclops leuckarti*). К элементам более южной фауны, зоны смешанных лесов, относятся *Bosmina coregoni* Baird, *Daphnia cucullata* Sars,

По экологической классификации до 70 % процентов от числа видов ракообразных можно отнести к прибрежным фитофильным и придонно — бентическим формам, индикаторам мезосапробных условий и эврибионтам (*Sida crystallina*, *Bos-*

mina longirotris, *Polyphemus pediculus*, виды сем. Chydoridae, pp., Paracyclops, Megacyclops).

5.2.3 Макрозообентос

Сравнивая видовой состав макрозообентоса озёр таёжной зоны за большой период времени – от 1969 по 2016 гг. видим, что общее число видов колеблется по годам - от 17 до 50 [6, 22]. Максимальное число общих видов (13 – 14) приходится на последние годы – с 1990 по 2016 гг. [18, 21, 23, 24].

В составе макрозообентоса непойменных озёр северной и средней тайги Западной Сибири возможно обнаружение 50 видов и 11 таксонов более высокого ранга, относящихся к 10 систематическим группам (таблица 8) [23].

Таблица 8 - Видовой состав макрозообентоса в озерах северной и средней тайги Западно-Сибирской равнины

Таксоны	Озера северной тайги		Озера средней тайги		
	1	2	3	4	5
Acariformes					
<i>Limnesia koenikei</i> (Piersig)	-	-	-	-	+
<i>Limnesia undulate</i> (Muller)	+	-	-	-	-
<i>Piona stjordalensis</i> (Thor)	+	-	-	-	-
Chironomidae					
<i>Cryptochironomus obrebtans</i> (Walker)	+	+	-	-	+
<i>Cryptochironomus agilis</i> (Linevitsh)	+	-	-	+	-
<i>Cryptochironomus redekei</i> (Kruseman)	+	-	-	-	+
<i>Procladius gr. choreus</i> (Meigen)	+	-	-	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> (Kiffer)	-	+	-	-	-
<i>Einfeldia dissedens</i> (Walker)	-	-	-	-	+
<i>Psektrocladius gr. dilatatus</i> (v.d. Wulp)	+	+	-	-	-
<i>Psektrocladius limbatellus</i> (Holmgred)	+	+	-	-	+
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)	+	-	-	-	-
<i>Polypedilum scalenum</i> (Schrank)	-	+	-	+	+
<i>Paratanytarsus siderophila</i> (Zwerewa)	-	+	-	-	-
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Greer)	+	+	+	+	-
<i>Chironomus acutiventris</i> (Wulker et al)	+	+	-	-	-
<i>Chironomus plumosus</i> (Linne)	-	-	-	-	+
<i>Limnochironomus lobiger</i> (Kieffer)	+	+	-	+	+
<i>Stictochironomus gr. histrio</i> (Fabricius)	+	+	-	-	+
<i>Stictochironomus crassiforceps</i> (Kieffer)	-	+	-	-	-
<i>Cricotopus cylindracaus</i> (Kieffer)	+	-	-	-	-
<i>Cricotopus silvestris</i> (Fabricius)	+	-	-	-	-
<i>Orthocladius consobrinus</i> (Holmgren)	+	-	-	-	-

Продолжение таблицы 8					
<i>Anatopynia plumipes</i> (Fries)	+	-	-	-	-
<i>Glyptotendipes paripes</i> (Edwards)	+	-	-	-	-
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)	+	-	-	-	+
<i>Endochironomus donatoris</i> (Shilova)	+	-	-	-	-
<i>Endochironomus specius</i> (Meigen)	-	-	-	+	-
<i>Cladotanytarsus gr. mancus</i> (Walker)	+	-	-	+	+
<i>Tanytarsus gregarius</i> (Kieffer)	+	-	+	-	+
<i>Tanytarsus exkawatus</i> (Edwardas)	-	+	-	-	-
<i>Ablabesmyia phatta</i> (Eggert)	-	-	-	+	-
<i>Zalutschia zalutschicola</i> (Skuze)	-	-	-	+	-
Oligochaeta					
<i>Tubifex tubifex</i> (O.F. Muller)	+	-	+	-	+
<i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> (Claparede)	-	-	+	-	-
<i>Lumbriculus variegates</i> (O.F. Muller)	-	+	-	-	-
<i>Pelosclex ferox</i> (Eisen)	-	-	-	-	+
<i>Speros sperma</i> (Walker)	-	-	-	-	+
Nematoda					
<i>Idiodorylaimus robustus</i> (Scheider)	+	-	-	-	-
Ceratopogonidae					
<i>Sphaeromius pictus</i> (Meigen)	+	-	+	-	-
<i>Polpomyia lineate</i> (Meigen)	+	-	+	-	-
<i>Culicoides sp.</i>	-	-	+	-	-
<i>Culicoides nebulosus</i> (Walker)	-	+	-	-	-
Hirudinea					
<i>Helobdella stagnalis</i> (Linne)	+	+	+	-	-
<i>Glossiphoria comlanata</i> (Linne)	+	-	-	-	-
<i>Erpobdella nigricollis</i> (Linne)	+	-	-	-	-
<i>Erpobdella octoculata</i> (Linne)	-	+	-	-	-
Trichoptera					
<i>Rhyacophila sp.</i>	-	+	-	-	-
<i>Dicosmoecus sp.</i>	-	+	-	-	-
<i>Limnephilus sp.</i>	+	+	-	-	-
<i>Molanna sp.</i>	+	+	-	-	-
<i>Oligotricha sp.</i>	+	-	-	-	-
Megaloptera					
<i>Sialis sp.</i>	-	+	-	-	-
Chaoboridae					
<i>Chaoborus sp. puppo</i>	-	-	-	-	+
Mollusca					
<i>Valvata sibirica</i> (Middendorf)	+	-	-	-	-
<i>Valvata sp.</i>	-	-	+	-	-
<i>Choanomphalus rossmaessleri</i> (Auerswald)	+	+	-	-	-
<i>Pisidium amnicum</i> (Muller)	+	-	-	-	-
<i>Musculium sp.</i>	-	+	-	-	-
<i>Euglesa sp.</i>	+	+	-	-	+
<i>Sphaerium nitidum</i> (Clessin)	+	+	-	-	-

Примечание. Озера: 1 - Пягунто, 2 - Халято, 3 - Лохтоткurt, 4 - Томталяхтур, 5 - Рангетур.

Основу видового разнообразия макрозообентоса во всех природно-климатических подзонах региона составляют представители Chironomidae (около 50 %). Структурообразующий комплекс макрозообентоса в водоемах региона, рас-

считанный по индексу доминирования, в основном состоит из небольшого числа видов (4-5), включающих представителей 4 основных таксономических групп (таблица 9). Анализируя таблицу 5, можно отметить, что среди Chironomidae и Oligochaeta лидируют виды, характерные для обеих подзон.

Таблица 9 - Смена доминирующих видов в основных таксономических группах макрозообентоса в озерах северной и средней тайги Западно-Сибирской равнины

Озера северной тайги	Озера средней тайги
Ceratopogonidae	
<i>Polpomyia lineate</i>	<i>Culicoides sp.</i>
Chironomidae	
<i>Polypedilum nubeculosum, Stictochironomus histrio, Cryptochironomus agilis, C. obrebtans</i>	<i>Cryptochironomus agilis, Procladius gr. cho-reus</i>
Oligochaeta	
<i>Lumbriculus variegates, Tubifex tubifex</i>	<i>Tubifex tubifex, Lumbriculus hoffmeisteri</i>
Mollusca	
<i>Chaanompholus rossmaessleri</i>	<i>Euglesa juv</i>

5.3 Фоновое содержание компонентов нефти в ДО озер, дифференциация по содержанию органического вещества

Для количественного анализа ОВ донных отложений 28 озер использовались воздушно-сухие пробы (100 образцов), в которых измерялось гравиметрическое содержание органических веществ (хлороформенный битумоид), содержание смол (фотометрически) и углеводородных компонентов (ИК-фотометрически и флуориметрически). Разделение углеводородного состава по группам «алканы нормального строения – легкие УВ – эндогенные УВ – нефтяные УВ» осуществлялось хромато-масс-методами с экстракцией ОВ из влажного образца ДО. В качестве критерия для разделения ДО по группам (минеральные, органогенные и смешанные) использовалась величина процента потерь при прокаливании. При анализе использовались пробы, отобранные дночерпателем Петерсена с поверхностного слоя ДО, а также буровым аппаратом ТБГ-1 (отбор с глубина 10-50 см и 100-150 см).

Результаты количественных измерений органических веществ в ДО представлены в Приложении К Отчета: абсолютные содержания (г/кг) и расчет долей групп

органических веществ по отношению к гравиметрическим данным (%). Сокращенные данные приводятся в таблицах 10-13 настоящего раздела.

Флуориметрически определенное количество нефтепродуктов, определенное в ДО, всегда меньше ИК-фотометрического содержания суммы углеводородов, поскольку последнее включает присутствие эндогенных веществ, наиболее типичных для органогенной матрицы. В связи с этим необходимо раздельное установление дифференцированного норматива содержания НП как в зависимости от типа ДО, так и от используемой при измерениях аппаратуры (флуориметра или ИК-концентратора НП).

Содержание отдельных групп органических веществ (суммы УВ, НП, аренов, смол) выявляет устойчивую корреляцию с гравиметрическими данными G, зависящими от степени разложения органогенной матрицы ДО. Поэтому даже для незагрязненных болотных озер количественные показатели, выраженные в г/кг, могут увеличиваться с глубиной отбора пробы ДО, в связи с чем при нахождении средних фоновых концентрации использовались только дночерпательные пробы с поверхностного слоя ДО. Относительные величины (по отношению к G, %) дают адекватную картину распределения ОВ. В качестве примера на рисунках 3 и 4 приведены гистограммы для абсолютного и относительного содержания ОВ в пробах ДО фоновых озер Южно-Аганского ЛУ.

В соответствии с [25] за критерий классификации ДО было взято содержание органических веществ, определяемых безэталоным методом, например, как зольность или процент потерь при прокаливании (ППП). К минеральному (неорганическому) типу ДО относятся пробы с ППП менее 10%, к органогенному - с ППП более 60 %. Остальные пробы с показателем ППП в пределах 10-60 %, относятся к смешанному типу.

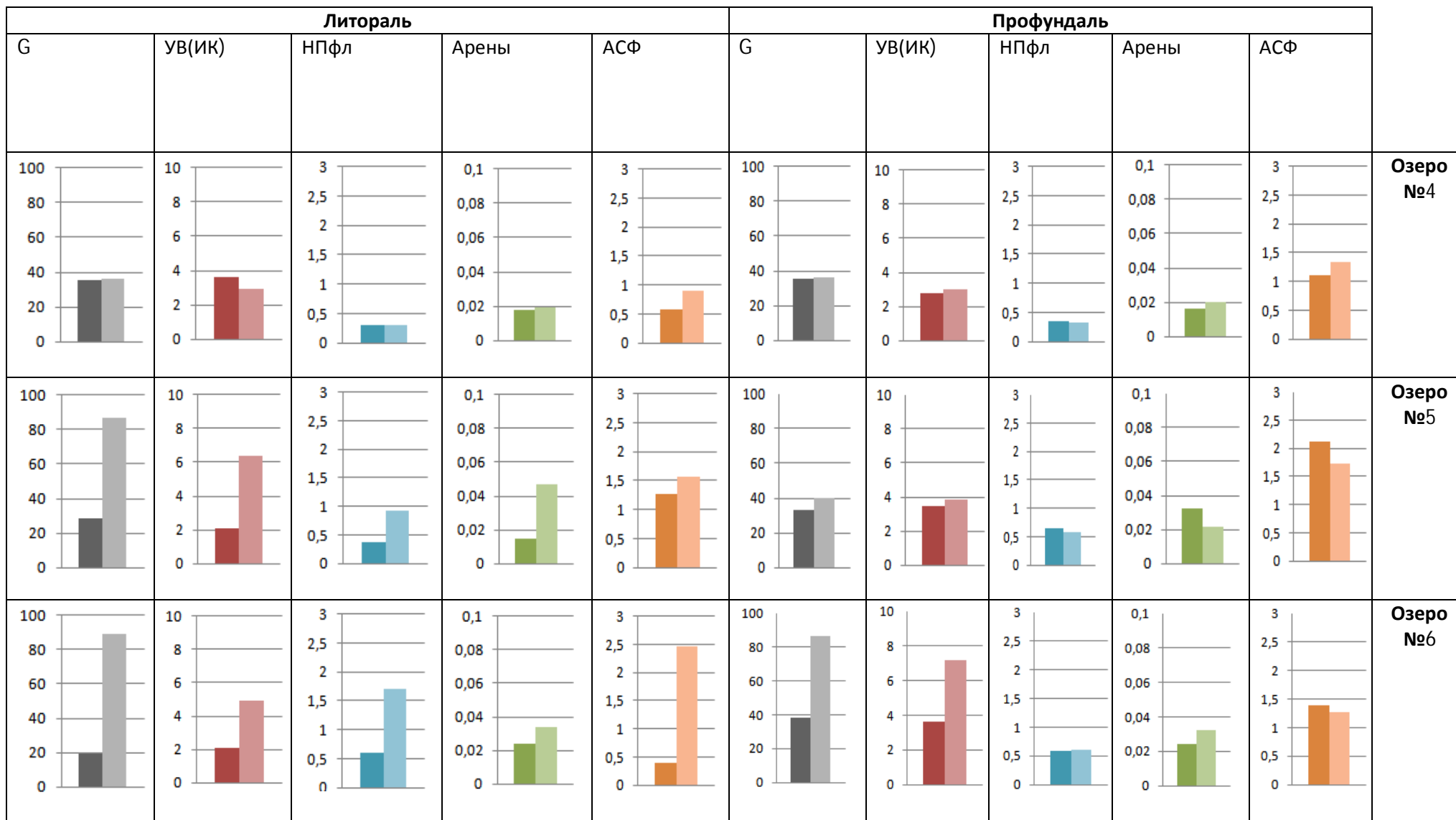


Рисунок 3 - Содержание органических компонентов (г/кг) для проб ДО фоновых озер № 4-6 Южно-Аганского ЛУ, отобранных буровым аппаратом ТБГ-1; левый столбец – проба из слоя 10-50 см, правый столбец – проба из слоя 100-150 см

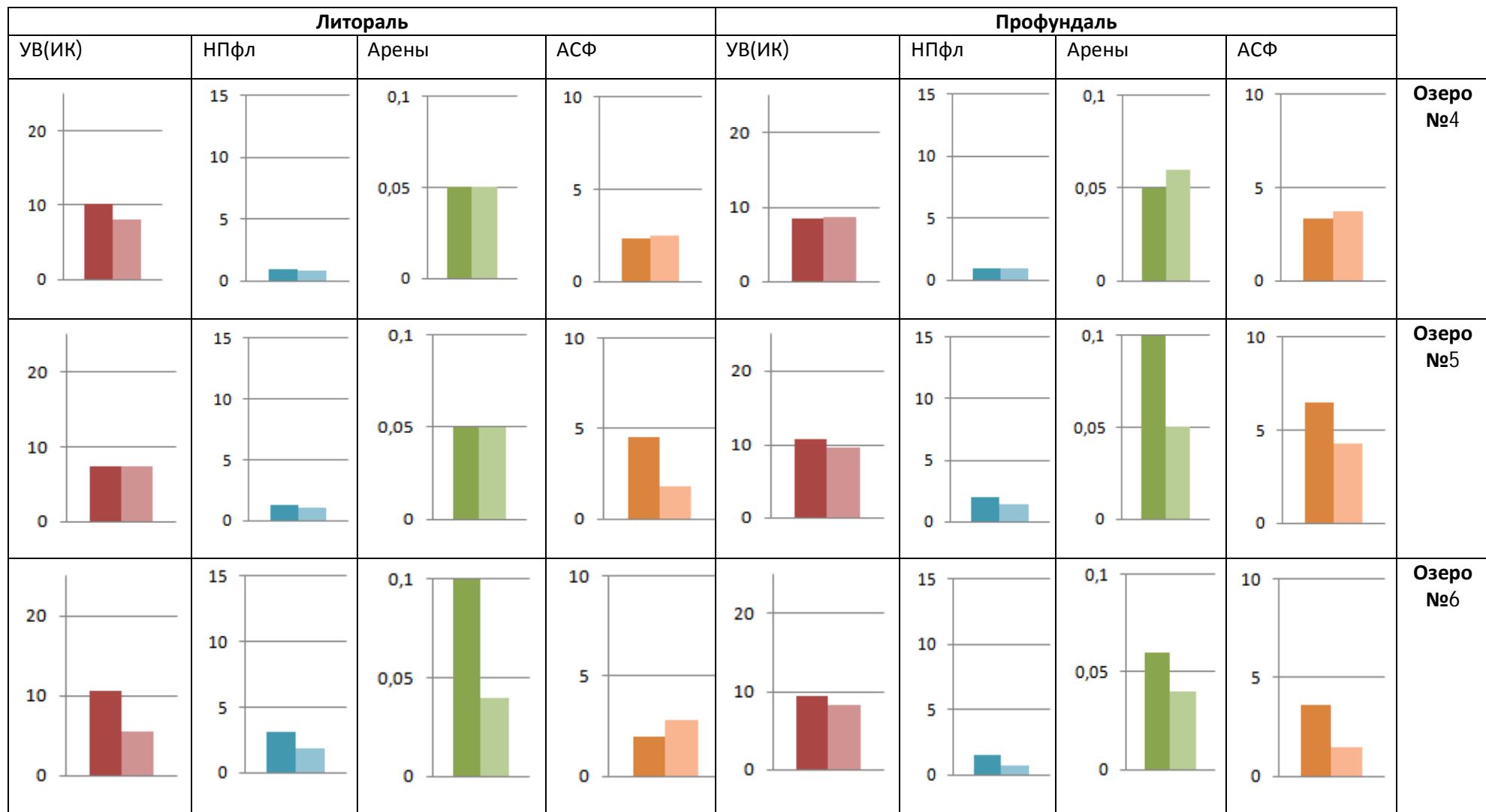


Рисунок 4 - Относительное содержание органических компонентов по отношению к гравиметрическим данным (%) для проб ДО фоновых озер № 4-6 Южно-Аганского ЛУ, отобранных буровым аппаратом ТБГ-1: левый столбец – проба из слоя 10-50 см, правый столбец – проба из слоя 100-150 см

В таблицах 10-12 приводятся измеренные характеристики донных отложений (ППП, углеводородные компоненты – сумма УВ по изменениям ИК-фотометрии, флуориметрически измеренные сумма НП и отдельно аренов, содержание смолисто-асфальтеновой фракции). Наибольшим количеством представлены озера с органо-генными ДО - 37 проб, с минеральными ДО – 13 проб, со смешанными 7 проб, причем для 8 озер (Калач, Окунево, Ленинградское, Маляк-Пасольское и др.) литоральные (ст.1) и профундальные (ст.2) пробы ДО относятся к разным типам. Знаком «*» отмечены пробы ДО, которые по минимальному содержанию УВ и НП можно отнести к фоновым. В таблицах указан диапазон варибельности фоновых значений содержания органических веществ, а также аналогичные показатели для остальных озер, которые можно считать загрязненными. При расчете средних величин для таких озер не учитывались максимальные значения сверхкритических уровней загрязнения (литоральные пробы ДО озера у КП 1413 Сомотлорского ЛУ и озера №1 у КП 14 Южно-Аганского ЛУ органогенного типа; ДО озера у КП-9а ЦДНГ-4 Нонг-Еганского ЛУ смешанного типа), такие пробы в таблицах 11 и 12 помечены символом «^М».

Наиболее близкими к фоновым уровням углеводородного загрязнения ДО, но по совокупности показателей не вошедшие в перечень фоновых озер, оказались пробы органогенных отложений оз. Матылор (находится вне зоны ЛУ). Для озера Маляк-Пасольского и озера на территории Урьевского ЛУ литоральные пробы оказались надфоновым уровня, а профундальные пробы ДО смешанного типа по содержанию НП относятся к фоновым (таблица 12).

Для расчета фонового уровня в пробах ДО смешанного типа следует воспользоваться его линейной зависимостью от величины ППП.

Таблица 10- Результаты определения ОВ для проб ДО минерального типа

Озеро, лицензионный участок	Ст.	ППП, %	Группы ОВ, г/кг			
			УВ (ИК)	НП (фл.)	Арены	Смоли
Тойхлор, Западно-Сургутский ЛУ	1	1,69	0,90	0,28	0,0076	0,07
	2*	0,47	0,06	0,02	0,0013	<0,01
Песчаное, Быстринский ЛУ	1*	0,11	0,13	0,05	0,0013	<0,01
	2*	0,11	0,14	0,05	0,0014	<0,01

Продолжение таблицы 10						
Пильтанлор, Федоровский ЛУ	1	1,12	0,28	0,14	0,0039	0,02
	2*	0,34	0,14	0,05	0,0011	<0,01
Калач, Самотлорский ЛУ	1	11,5	0,40	0,23	0,0084	0,09
Окунево, Самотлорский ЛУ	1*	0,31	0,12	0,04	0,0014	<0,01
Ленинградское, Самотлорский ЛУ	1	5,40	9,71	7,38	1,88	2,72
Озеро б/н №2 у КП 2220, Самотлорский ЛУ	1*	0,90	0,20	0,10	0,0026	<0,01
	2	3,91	0,27	0,28	0,0075	0,02
Озеро б/н, Урьевский ЛУ	1	0,45	0,41	0,07	0,0079	0,02
Озеро б/н (загр.) у КП 9а, ЦДНГ-4 Нонг-Еганск. ЛУ	1	3,85	16,1	14,1	3,56	1,25
Среднее по фоновым (*)		0,37	0,13	0,05	0,0015	<0,01
Диапазон по фоновым (*)		0,11-0,90	0,06 -0,20	0,02 – 0,10	0,0011 – 0,0026	0 – 0,01
Среднее по загрязненным озерам		3,99	4,01	3,20	0,78	0,59
Диапазон по загрязненным озерам		0,45 -11,5	0,27 – 16,1	0,07 – 14,1	0,0039 – 3,56	0,02 – 2,72
Примечание – * - пробы ДО с минимальным содержанием УВ, измеряемых методами ИК-фотометрии и флуориметрии; 1 – литораль, 2 - профундаль						

Таблица 11 - Результаты определения ОБ для проб ДО органогенного типа

Озеро, лицензионный участок	Ст.	ППП, %	Группы ОБ, г/кг			
			УВ (ИК)	НП (фл.)	Арены	Смолы
Сыхтымлор, Северо-Юрьевский ЛУ	1	71,5	8,07	0,49	0,0126	0,78
	2	76,6	6,30	0,50	0,0130	0,69
Калач, Самотлорский ЛУ	2*	98,1	2,32	0,38	0,0180	0,19
Озеро б/н у КП 1413, Самотлорский ЛУ	1 ^м	91,7	297	275	>10	33,5
	2	60,0	10,4	5,42	1,88	7,30
Окунево, Самотлорский ЛУ	1*	97,2	3,72	0,72	0,025	0,51
Вильент, Самотлорский ЛУ	1*	90,6	3,57	0,68	0,044	0,19
	2*	67,4	2,80	0,53	0,020	0,42
Озеро б/н № 4 у КП 2084 и 2091, Самотлорский ЛУ	1	92,3	6,60	3,17	0,21	2,27
	2	67,3	3,84	2,40	0,15	2,11
Озеро б/н № 3 у КП 2121, Самотлорский ЛУ	1*	89,7	3,50	1,01	0,030	0,29
	2*	91,3	3,28	0,99	0,028	0,87
Озеро б/н № 6 у КП 1288, Самотлорский ЛУ	1	96,0	9,20	3,05	0,014	2,08
	2	76,6	12,1	6,07	0,043	5,22
Матылор, вне зоны ЛУ	1	71,5	4,80	1,72	0,011	1,07
	2	84,9	5,30	1,92	0,021	0,45

Продолжение таблицы 11						
Озеро б/н № 7, Южно-Аганский ЛУ	1	92,4	6,00	1,74	0,056	2,20
	2*	93,6	2,61	0,80	0,011	2,34
Озеро б/н № 6, Южно-Аганский ЛУ	1	95,4	3,22	1,31	0,021	1,91
	2*	85,0	1,84	0,89	0,045	0,97
Озеро б/н № 5, Южно-Аганский ЛУ	1*	94,5	1,80	1,03	0,029	1,82
	2	94,6	4,15	1,22	0,022	2,46
Озеро б/н № 4 у КП 14, Южно-Аганский ЛУ	1*	96,4	4,10	1,01	0,047	2,01
	2*	97,1	3,20	0,71	0,045	1,87
Озеро б/н № 1, у КП 14, Южно-Аганский ЛУ	1 ^м	89,9	113,1	77,0	> 10	11,0
	2	96,4	28,3	21,0	9,70	2,70
Озеро б,н № 2 у КП 14, Южно-Аганский ЛУ	1	94,8	14,1	10,0	2,16	2,25
	2	91,3	8,80	6,31	2,83	1,40
Озеро б/н № 3 у КП 14, Южно-Аганский ЛУ	1	96,7	3,36	2,64	0,26	1,51
	2	93,9	7,20	5,12	0,36	3,01
Маляк-Пасольское, Северо-Покурский ЛУ	1	94,7	6,80	1,04	0,029	0,45
Озеро б/н, Поточный ЛУ	1	95,3	6,00	4,37	1,31	1,38
Озеро б/н (чист.) у КП 9а, ЦДНГ-4 Нонг-Еганск. ЛУ	2	92,2	6,28	0,81	0,017	1,62
Озеро б/н (чистое), Тевлинско-Русск. ЛУ	1*	63,1	3,36	0,99	0,020	1,10
	2*	62,7	3,44	1,01	0,020	1,21
Озеро б/н (загрязненное), Тевлинско-Русск. ЛУ	1	92,5	5,15	2,25	0,101	2,46
	2	92,2	5,32	2,71	0,12	2,83
Среднее по фоновым (*)		86,1	3,10	0,95	0,031	0,95
Диапазон по фоновым (*)		62,7 – 98,1	1,80 -4,10	0,38 – 1,03	0,018 – 0,045	0,19 – 2,01
Среднее по загрязненным озерам		87,3	7,87	3,98	0,92	2,07
Диапазон по загрязненным озерам		60,0 – 96,7	3,22 – 297	0,49 – 275	0,011 - >10	0,45 – 33,5
Примечания – * - пробы ДО с минимальным содержанием УВ, измеряемых методами ИК-фотометрии и флуориметрии; ^м - при расчете средних значений содержания групп ОВ (г/кг) для ДО загрязненных озера, максимальные величины показателя для этой пробы не учитывались						

Таблица 12 – Результаты определения ОВ для проб ДО смешанного типа

Озеро, лицензионный участок	Ст.	ППП, %	Группы ОВ, г/кг			
			УВ (ИК)	НП (фл.)	Арены	Смолы
Окунево, Самотлорский ЛУ	2*	15,4	1,00	0,22	0,020	0,11
Ленинградское, Самотлорский ЛУ	2	43,3	9,80	4,78	1,27	2,34

Продолжение таблицы 12						
Маляк Пасольское, Северо-Покурский ЛУ	2*	36,7	2,30	0,32	0,012	0,18
Озеро б/н, Поточный ЛУ	2	46,3	2,81	0,86	0,130	0,87
Озеро б/н, Урьевский ЛУ	2*	46,9	1,68	0,27	0,011	1,06
Озеро б/н (чист.) у КП 9а ЦДНГ-4 Нонг-Еганск. ЛУ	1	58,9	3,70	0,71	0,033	1,15
Озеро б/н (загр., у КП 9а ЦДНГ-4 Нонг-Еганск. ЛУ	2 ^м	26,5	66,7	54,3	> 10	3,62
Среднее по фоновым (*)		33,0	1,67	0,27	0,014	0,45
Диапазон по фоновым (*)		15,4 – 46,9	1,00 – 2,30	0,22 – 0,32	0,011 – 0,020	0,11 – 1,06
Среднее по загрязненным озерам		43,8	5,43	2,12	0,48	1,45
Диапазон по загрязненным озерам		26,5 – 58,9	2,81 – 66,7	0,71 – 54,3	0,033 - >10	0,87 – 3,62
Примечания – * - пробы ДО с минимальным содержанием УВ, измеряемых методами ИК-фотометрии и флуориметрии; ^м - при расчете средних значений содержания групп ОВ (г/кг) для ДО загрязненных озера, максимальные величины показателя для этой пробы не учитывались						

По основному аналитическому показателю – сумме УВ, количественно определяемых методами ИК-фотометрии и флуориметрии, среднее фоновое содержание в минеральных ДО составляет 0,13 г/кг (диапазон 0,06 – 0,20 г/кг) и 0,05 г/кг (диапазон 0,02 – 0,10 г/кг). Для органогенных ДО средние фоновые значения составляют 3,10 г/кг (диапазон 1,80-4,10 г/кг) при ИК-фотометрическом и 0,95 г/кг (диапазон 0,38-1,03 г/кг) при флуориметрическом измерениях. Различие в величинах обусловлено разной селективностью методов по отношению к НП и эндогенным веществам. Фоновые концентрации групп ОВ в органогенных ДО, определенные по всем изученным озерам, хорошо совпадают со средними для незагрязненных озера Южно-Аганского ЛУ (дночерпательных и отобранных буром) – таблица 13.

Таблица 13 – Сравнение фоновых концентраций (г/кг) групп ОБ в ДО органогенного типа (данные 2016 г.) для всех изученных озер со средними данными по незагрязненным озерам Южно-Аганского ЛУ (дочерпательные пробы и интегральные пробы, отобранные аппаратом ТБГ-1), в скобках указан диапазон изменения показателя

Показатель	Фон по всем изученным озерам ХМАО с органогенными ДО, г/кг	Результаты определения содержания ОБ (г/кг) для озер б/н № 4-7 Южно-Аганского ЛУ и озера Маляк-Пасольское		
		Литораль (ст.1)	Профундаль (ст.2)	Среднее по ст.1 и ст.2
ДНОЧЕРПАТЕЛЬНЫЕ ПРОБЫ				
Сумма УВ, ИК-фотометрия	3.10 (1.80 – 4.10)	4.33 (1.80 – 6.80)	2.69 (1.84 – 4.10)	3.50 (1.80 – 6.80)
НП по селект. обл. флуориметрии	0.95 (0.38 – 1.03)	1.21 (1.04 – 1.74)	0.79 (0.32 – 1.22)	0.94 (0.32 – 1.74)
Сумма ароматических УВ	0.031 (0.018 – 0.045)	0.033 (0.015 – 0.056)	0.024 (0.010 – 0.045)	0.029 (0.010 – 0.056)
Смолы и окислен. органические в-ва	0.95 (0.19 – 2.01)	1.60 (0.45 – 2.20)	1.42 (0.18 – 2.46)	1.51 (0.18 – 2.46)
ПРОБЫ ОТОБРАНЫ АППАРАТОМ ТБГ-1*				
Сумма УВ, ИК-фотометрия		3.66 (2.08 – 6.40)	4.01 (2.80 – 7.20)	3.82 (2.08 – 7.20)
НП по селект. обл. флуориметрии		0.70 (0.30 – 1.71)	0.51 (0.33 – 0.60)	0.61 (0.30 – 1.71)
Сумма ароматических УВ		0.026 (0.015 – 0.047)	0.024 (0.016 – 0.032)	0.025 (0.015 – 0.047)
Смолы и окислен. органические в-ва		1.20 (0.39 – 2.48)	1.49 (1.12 – 2.12)	1.34 (0.39 – 2.48)
Примечание – * только для озер б/н № 4-6 Южно-Аганского ЛУ				

В таблице 14 представлены результаты измерения процентного содержания эндогенных и нефтяных углеводородов в пробах ДО, найденные методом хромато-масс-спектрометрии. В качестве эталона, характеризующего нефтяное загрязнение, взят образец ДО озера №2 Новоаганского месторождения, а в качестве эталона, характеризующего эндогенные соединения – образец ДО глубиной пробы (100-150 см) озера Вильент.

Таблица 14 – Количество экстрагируемых органических веществ (мг/кг) и доли групп УВ по хроматомасс-измерениям (%) в донных отложениях

Озеро, лицензионный участок	Станция и глубина. Отбора	Σ ОВ, мг/кг	Легкие УВ, %	Эндо-ген.УВ, %	Нефтян. УВ, %
Поверхностные пробы ДО, отобранные дночерпателем Петерсена					
Тойхлор, Западно-Сургутский ЛУ	1	39,2	11,5	50,5	38,0
Песчаное, Быстринский ЛУ	2	51,3	7,8	24,7	67,5
Сыхтымлор, Северо-Юрьевский ЛУ	1	529,2	5,2	39,6	55,2
Пильтанлор, Федоровский ЛУ	1	12,1	10,7	44,6	44,3
Калач, Самотлорский ЛУ	1	183,3	5,7	62,8	31,5
Озеро б/н у КП 1413, Самотлорский ЛУ	2	2656,6	1,2	67,8	31,0
Окунево, Самотлорский ЛУ	2	289,1	1,2	54,4	44,4
Ленинградское, Самотлорский ЛУ	2	1334,1	0,5	55,9	43,6
Вильент, Самотлорский ЛУ	1	1331,3	0,5	87,6	11,9
Озеро б/н №2 у КП2220, Самотлорский ЛУ	1	55,9	7,3	29,7	63,0
Озеро б/н №4 у КП2084 и 2091, Самотлорский ЛУ	1	1248,2	1,8	47,0	51,2
Матылор, вне зоны ЛУ	1	181,2	5,9	34,8	59,3
Озеро б/н №6, Южно-Аганский ЛУ	см.1+2	307,2	6,1	81,7	12,2
Озеро б/н №5, Южно-Аганский ЛУ	см.1+2	3178,8	1,5	81,6	16,9
Озеро б/н №4 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	2	252,7	1,4	83,2	13,4
Озеро б/н №1 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	1	4459,7	0,2	26,7	73,1
Озеро б/н №2 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	2	25545,4	0,0	0,0	100,0
Озеро б/н №3 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	2	1830,7	1,7	40,7	57,6
Маляк-Пасольское, Северо-Покурский ЛУ	2	441,5	0,4	65,4	34,2
Озеро б/н, Урьевский ЛУ	2	1379,9	3,1	66,3	30,6
Озеро б/н, Поточный ЛУ	2	479,1	3,4	65,8	30,8
Озеро б/н (чистое) у КП 9А ЦДНГ-4, Нонг-Еганский ЛУ	2	2074,8	1,7	63,4	34,9
Озеро б/н (загрязненное) у КП 9А ЦДНГ-4, Нонг-Еганский ЛУ	2	1831,4	1,0	3,9	95,1

Продолжение таблицы 14					
Озеро б/н (чистое), Тевлинско-Русск. ЛУ	2	310,3	2,1	66,7	31,2
Озеро б/н (загрязн.) Тевлинско-Русск. ЛУ	2	1890,5	2,1	69,3	28,6
Пробы ДО, отобранные буром ТБГ-1: 10-50 см (В), 100-150 см (Н)					
Озеро б/н у КП 1413, Самотлорский ЛУ	2	943,8	1,2	45,5	53,3
Окунево, Самотлорский ЛУ	см. 1+2 (В)	858,9	0,4	55,9	43,6
Ленинградское, Самотлорский ЛУ	см. 1+2 (В)	1956,9	0,9	66,9	32,2
Вильент, Самотлорский ЛУ	см. 1+2 (В)	224,6	2,5	47,1	50,4
Вильент, Самотлорский ЛУ	см. 1+2 (Н)	1029,2	3,5	82,4	14,1
Озеро б/н №6, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (В)	662,3	0,7	99,3	0,0
Озеро б/н №6, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (Н)	158,6	2,1	81,6	16,4
Озеро б/н №1 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (В)	359,6	6,6	81,9	11,5
Озеро б/н №1 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (Н)	1731,7	3,2	54,4	42,4
Озеро б/н №4 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (В)	477,4	4,8	86,6	8,6
Озеро б/н №4 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (Н)	3142,1	1,2	83,1	15,7
Озеро б/н №3 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (В)	621,3	2,1	83,3	14,6
Озеро б/н №3 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (Н)	396,0	1,7	83,1	17,4
Озеро б/н №2 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (В)	704,8	3,8	66,2	30,0
Озеро б/н №2 у КП14, Южно-Аганский ЛУ	см. 1+2 (Н)	897,4	3,2	96,5	0,3
Примечание – «см.1+2» - объединенная литоральная (ст.1) и профундальная (ст.2) пробы					

Количество легких (летучих) УВ в ДО практически не превышает 10%. Доля эндогенных УВ особенно велика в органогенных ДО, а для озер с фоновыми нефтяными загрязнениями - превышает 80 % для дночерпательных проб. Аналогичные величины отмечаются для глубинных проб (свыше 100 см), куда нефтяные УВ практически не проникают.

Величина ДОСН должна быть согласована с фоновыми концентрациями НП в ДО озер, с учетом всех вышеизложенных обстоятельств. Значения дифференцированного норматива нефти и НП должны соответствовать верхней границе максимальных фоновых значений, характерных для 90-95% незагрязненных озер на территории ХМАО (таблица 15).

Таблица 15 – Диапазон фоновых концентраций НП в ДО

Метод измерения	Минеральные ДО	Органогенные ДО
ИК-фотометрия	0,06-0,20 г/кг	1,8-4,1 г/кг
Флуориметрия	0,02-0,10 г/кг	0,4-1,0 г/кг

Определяющим фактором для границы ДОСН являются биологические исследования в лабораторных и натуральных условиях.

6 ОПИСАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

6.1. Воздействие на гидросферу как абиотическую среду (свойства воды)

Возможные виды воздействия нефтезагрязненных ДО на водную среду определяли на основе модельных экспериментов и анализа данных обследований 27 озер в Сургутском и Нижневартовском районах ХМАО с 16 августа по 22 сентября 2016 г. на территории лицензионных участков четырех нефтедобывающих компаний (Приложение А)

- ОАО «Сургутнефтегаз», озера: Тойхлор, Сыхтымлор, Пильтанлор и Песчаное;

- АО «Самотлорнефтегаз», озера: Калач, б/н (у КП 1413), Окунево, Ленинградское, Вильент, № 2 (у КП 2220), № 4 (у КП 2084, 2091), № 3 (у КП 2121), № 6 (у КП 1288);

- ОАО «Славнефть-Мегионефтегаз», озера: № 5, 6, 7 (фоновые), № 1, 2, 3, 4 в р-не КП № 14, Маляк-Пасольское;

- ООО «Лукойл-Западная Сибирь», озера: б/н (Урьевский и Поточный ЛУ), фоновое и грязное в р-не КП №9А, фоновое и грязное на территории Тевлинско-Русскинского ЛУ;

- вне зоны лицензионных участков – озеро Матылор.

В пробах воды определяли рН, содержание O_2 , БПК₅, перманганатную окисляемость, биогены (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , железо общее), основные ионы (HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^++K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), сумму основных ионов, общую жесткость, взвешенные вещества, содержание нефтепродуктов.

В пробах донных отложений определяли рН водной и солевой вытяжек, содержание биогенов (NH_4^+ , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , железо), органические вещества (потери при прокаливании ППП, %), зольность и содержание экстрагируемых растворителями (хлороформом, тетрагидрофураном и гексаном) органических веществ, в том числе углеводов и окисленных смолистых компонент, в соответствии с МВИ для количественного измерения содержания НП с помощью ИК-фотометрии и флуориметрии. Пробы донных отложений дифференцировали по типам в зависимости от величины ППП: минеральные - 0-10 %, органические - 60-100 % и смешанные 10-60 % (раздел 5.3).

Анализ полученных результатов показал, что за период развития НГК в Тюменской области изменился химический состав воды озер в таежной зоне ХМАО в сторону увеличения общей минерализации за счет антропогенного попадания в водоем хлоридов, сульфатов, ионов натрия, а также содержание органического вещества и аммонийных ионов, как результата трансформации нефтяного загрязнения.

До начала добычи нефти и, соответственно, загрязнения, подавляющее число озер Среднего Приобья были пресными и ультрапресными со средней минерализацией 20-30 мг/дм³.

Среди 27 исследованных в 2016 г. пресных озер Среднего Приобья на территории ЛУ только в 9 вода имеет низкую минерализацию (13,9-24,5 мг/дм³), в двух озерах - среднюю (27,4-29,5 мг/дм³), в 7 озерах – повышенную (50,4 - 96,2 мг/дм³), в 9 - высокую (102,9-336,0 мг/дм³). Особенно высокой была минерализация в трех озерах: б/н (у КП 1413), № 2 (у КП 2220) и Окунево – от 217,9 до 336,0 мг/дм³.

В маломинерализованных озерах преимущество имеют гидрокарбонатные ионы, в оз. Маляк-Пасольское – сульфатные, в остальных хлоридные.

Хлориды могут характеризовать степень техногенного воздействия на водоем. На рисунке 5 проиллюстрированы данные содержания ионов хлора в воде обследованных озер. Максимальное загрязнение прослеживается в озерах АО «Самотлорнефтегаз»: оз. Окунево, озеро б/н (у КП 1413), озеро б/н №2 (у КП 2220).

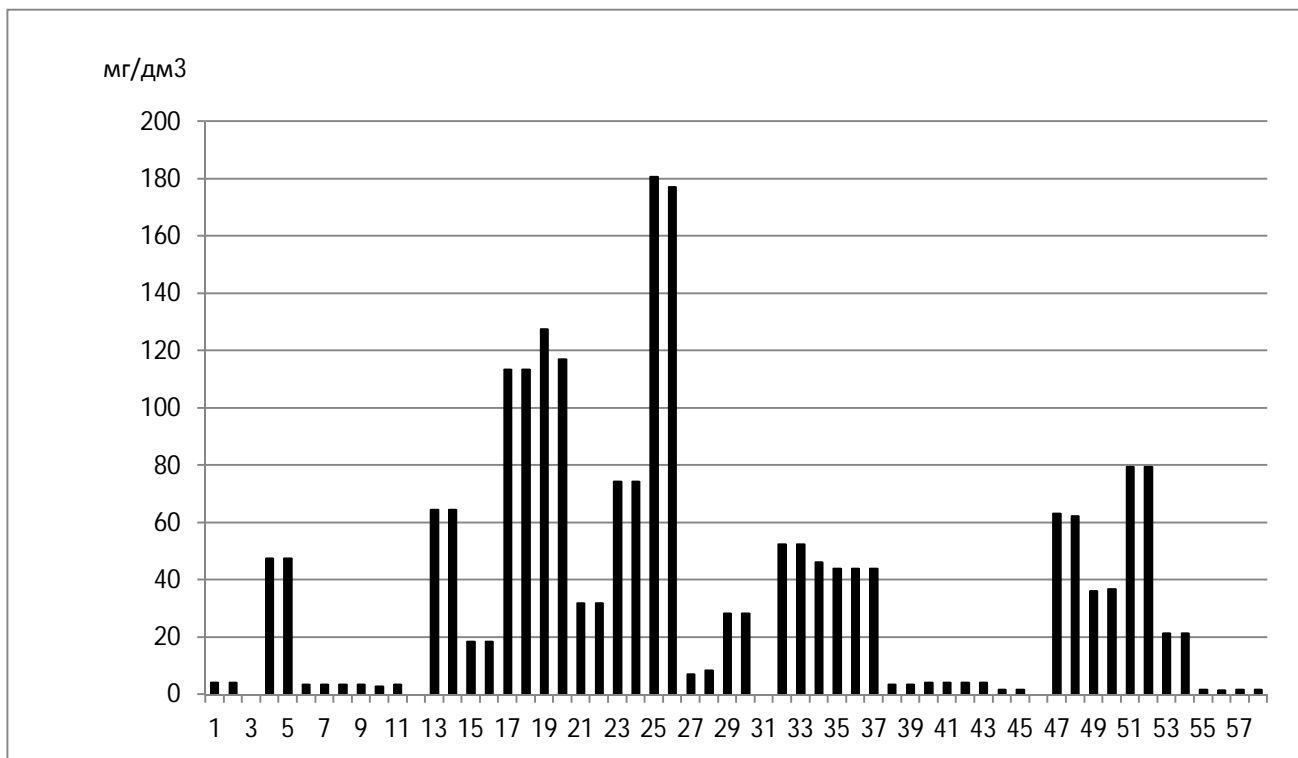


Рисунок 5 – Содержание хлорид - ионов в воде, мг/дм³

- 1 - оз. Матылор (вне зоны техногенного воздействия);
- 4-11 - озера ОАО «Сургутнефтегаз»;
- 13-30 - озера АО «Самотлорнефтегаз»;
- 32-45 - озера ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»;
- 47-58 - озера ООО «Лукойл-Западная Сибирь».

Озера Окунево и Ленинградское (Самотлорская группа) могут служить примером длительного техногенного воздействия (таблица 16).

Таблица 16 – Сравнительная характеристика солевого состава и минерализации воды озер, в мг/дм³

Название озера, год исследования	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺ +K ⁺	Сумма ионов	Жесткость общая, °Ж
Окунево 1971 г.	26,0	22,5	8,0	13,2	2,2	9,8	81,7	0,84
Окунево 2016 г.	7,9	179,0	10,5	17,3	1,0	111,0	327,0	0,95
Ленинградское, 1976 г.	9,3	3,0	2,3	2,3	0,4	0,9	19,8	0,15
Ленинградское, 2016 г.	12,8	31,9	8,2	3,3	0,55	26,8	83,6	0,21

За 40-50 летний период озера из очень маломинерализованных гидрокарбонатно-кальциевых превратились в среднеминерализованные хлоридно-натриевые

водоемы. Минерализация озерной воды выросла в четыре раза за счет увеличения анионов хлора, концентрация которых выросла в 8-10 раз.

Из катионов во всех озерах преобладают ионы натрия и калия. Исключение составило оз. б/н № 2 (у КП 2220), где жесткость была выше единицы за счет повышенного содержания кальция и магния, но при этом озеро остается хлоридно-натриевым. Жесткость воды, из-за низкой концентрации кальция и магния, невысока, в 8 озерах ниже предела обнаружения.

Из биогенных веществ в значительных количествах, превышающих ПДК_р в воде, присутствуют ионы аммония и железа. Фосфатов и нитратов в воде мало, так как в процессе фотосинтеза они активно потребляются фитопланктоном и микрофлорой, либо накапливаются в ДО (фосфаты).

В озерах ОАО «Сургутнефтегаз» содержание аммонийного азота изменялось от 0,27 до 0,37 мг/дм³ и не превышало ПДК_р. В озерах АО «Самотлорнефтегаз» колебания концентраций были более значительными – от 0,15 до 1,23 мг/дм³, в четырех из девяти озер имело место превышение ПДК_р. В озерах ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» превышение ПДК_р по азоту аммонийному было отмечено в шести из семи обследованных. В озерах ООО «Лукойл-Западная Сибирь» превышение ПДК наблюдалось в трех из шести озер

Железо в обследованных озёрах изменялось от менее 0,05 до 1,30 мг/дм³, максимальное значение зафиксировано в озере б/н у КП 1413. Величины железа общего фактически во всех озерах превышали ПДК_р (0,1 мг/дм³): в озерах ОАО «Сургутнефтегаз» - 0,18-0,31 мг/дм³; в озерах АО «Самотлорнефтегаз» - от 0,19 до 1,30 мг/дм³; в озерах ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз» превышение ПДК по железу было отмечено в пяти из семи обследованных; в озерах ООО «Лукойл-Западная Сибирь» превышение ПДК_р наблюдалось в четырех из шести озер.

Таким образом, в воде обследованных озер из биогенных веществ в значительных количествах, превышающих ПДК_р, присутствовали ионы аммония и железа. Максимальные концентрации биогенов были обнаружены в озере б/н № 6, у КП 1288 (АО «Самотлорнефтегаз»). В то же время, оз. Матылор (вне зоны ЛУ), оз. Малак-Пасольское (ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз») и оз. б/н Урьевский ЛУ (ООО

«Лукойл-Западная Сибирь») выделялись из всей группы низким содержанием биогенных веществ.

Органическое вещество присутствует в поверхностных водах в виде веществ гумусового происхождения, смываемых с почв и болот, и в виде продуктов распада различных органических веществ, преимущественно растительного происхождения. Органическое вещество определяли с помощью косвенных методов – по величине перманганатной окисляемости (ПО) и биохимическому потреблению кислорода (БПК₅).

В озерах Матылор, Маляк-Пасольское и озеро б/н Урьевский ЛУ, с низким содержанием биогенных веществ, величина ПО имела, по классификации О.А. Алека [26], малые значения (менее 5 мг/дм³). В воде озер Окунево, Вильент и озере б/н (загрязненное, Тевлинско-Русскинской ЛУ) были средние значения ПО (5-10 мг/дм³). В 10 озерах ПО имела повышенные значения (10-20 мг/дм³), в 9 – высокие (20-30 мг/дм³), в озёрах Песчаное и Сыхтымлор – очень высокие значения (ПО >30 мг/дм³).

Из-за высокого содержания гуминовых веществ в озерах, степень гумификации воды велика. Большинство (13 озер) на территории месторождений являются мезо-полигумозным водоемами, 6 - ультраполигумозными, 5 - мезогумозными. Наименее гумифицированные озера – олигогумозные – Матылор, Маляк-Пасольское и озеро б/н на Урьевском ЛУ.

По кислотно-основным свойствам вода обследованных озер кислая, либо слабокислая. Исключение составило оз. б/н № 2 (у КП 2220), где вода была слабощелочная. Таким образом, 11 озер являются мезоацидными, 11 – олигоацидными, 5 – олиго-ацидно-нейтральными и лишь одно нейтрально-олигощелочное.

Содержание взвешенных веществ в воде озер в основном находится на среднем уровне, кроме озера Сыхтымлор, где наблюдалось «цветение» воды, там уровень взвешенных веществ, за счет развития фитопланктона, повышен.

Величина БПК₅ отражает количество легкоокисляемых ОВ в воде и активность сапрофитной микрофлоры, а также свидетельствует о санитарном состоянии водое-

ма. В период исследований величина БПК₅ изменялась в широком диапазоне от <0,5 до 4,23 мгО₂/дм³, однако в большинстве озер не превышала ПДКр - 2,0 мгО₂/дм³. Максимальные значения БПК₅ отмечены в трёх озёрах: озеро б/н №2 у КП №14, Ленинградское и №6 (у КП 1288) – 3,36-4,23 мгО₂/дм³.

Цветность воды в озерах изменялась значительно от 7 до 180 градусов. Максимальные значения отмечены в озерах с высоким содержанием железа, ПО и БПК₅. Высокие значения этих показателей в воде свидетельствуют о значительном болотном водосборе, который обогащает его ОВ естественного происхождения – гуминовыми и железосодержащими соединениями. Соотношение БПК₅ и величины перманганатной окисляемости (индекс сапробности) указывает на преобладание в воде гуминовых соединений над легкоокисляющимися ОВ [26].

Характеристика донных отложений

Значительную роль в формировании гидрохимического режима водоема играют донные отложения, обеспечивая обмен органическим веществом и биогенными элементами. Они являются в одном случае источником, в другом аккумулятором органических и минеральных ресурсов водоема.

Донные отложения исследованных озер характеризуют степень техногенного воздействия на водные экосистемы. В зоне нефтедобычи они являются основными аккумуляторами не только НУВ, бенз(а)пирена, но и тяжелых металлов, фосфор и хлорорганических соединений, фенолов, СПАВ и солей, прежде всего хлоридов, сульфатов. По сравнению с водой химический состав ДО позволяет оценивать качество среды за более продолжительный отрезок времени.

По характеру ДО исследованные озера разделили на 3 группы: 1-я группа самая многочисленная – 64 % проб ДО представлены торфом различной степени разложения, иногда, с примесью песка, глины или ила; 2-я группа – 21 % проб песчаные или с незначительными примесями торфа, ила; 3-я группа – 10 % проб – из серой глины разной степени заиленности.

Водная вытяжка ДО, как правило, имела слабокислую реакцию, 4 пробы с торфяными отложениями были с кислой реакцией (рН<5 ед.), 3 пробы – с нейтральной реакцией среды (рН >6,5 ед.). Диапазон величины рН составил 4,79-6,79 ед. рН.

Крайнее значение – 6,79 ед. рН наблюдалось в ДО озера б/н у КП 1288 (АО «Самотлорнефтегаз»), представленных торфом и глиной, что нетипично и может быть вызвано загрязнением. Близкие к этому значения рН имели песчаные ДО.

Органическое вещество в торфяных ДО в 36 пробах составляло 58,9-98,1%. Заиленные глины также содержали значительное количество ОВ – 26,5- 59,9 % от сухого вещества. Меньше всего органического вещества было в песках, где зольность достигала 94,6-99,9 %.

В связи с недостаточным запасом тепла, продолжительными ледовыми условиями и дефицитом кислорода в болотных водах преимущественной формой азота является аммонийная, как результат деятельности аммонифицирующих и нефтеокисляющих микроорганизмов. Ионы аммония в больших количествах фиксируются при загрязнении водоемов нефтью и нефтепродуктами. Часть проб по аммонийному азоту выходили за пределы обнаружения методики в 300 мг/кг. Это пробы озер, ДО которых, как правило, представлены торфом. Диапазон по этому показателю составил 1,38-480,5 мг/кг. Наименьшее значение показателя было в песке оз. Песчаное ОАО «Сургутнефтегаз», наибольшие значения зафиксированы в озере без названия у КП 2121 АО «Самотлорнефтегаз».

Нитраты – основной источник потребления азота растениями, в ДО озер были в незначительных количествах, часто ниже предела чувствительности определения в 1 мг/кг. Диапазон концентрации нитратов в ДО озер 0,69-4,84 мг/кг сухого грунта.

Поступление фосфатов из ДО обратно в воду зависит от многих причин и прежде всего от окислительно-восстановительной обстановки. Диапазон концентраций фосфатов в ДО был широк и составил 1,03-129,24 мг/кг. Минимальные значения наблюдались в песчаных ДО, максимальные - в торфяных и глинистых.

Наряду с нефтяным загрязнением в результате нефтедобычи озера подвергаются соляному загрязнению, что еще раз подтвердилось в ходе исследования. Ионы хлора являются индикатором такого засоления. Они в большом количестве содержатся в составе «подтоварных» вод, состоящих из сырой нефти и минерализованных пластовых вод. Пластовые воды имеют хлоридно-натриевый состав и минера-

лизацию, составляющую 15-20 г/дм³, что на несколько порядков выше минерализации пресных поверхностных вод [27].

Хлориды в ДО исследованных озер находились в широком диапазоне концентраций. Меньше всего хлоридов обнаружилось в песчаных ДО – 4,61-42,54 мг/кг. Больше всего хлоридов определялось в загрязненных нефтью ДО, представленных торфом и заиленной глиной. Максимальные концентрации выходили за границу диапазона определения метода (500 мг/кг) и достигали значений в 2658 мг/кг (оз. б/н, Поточный ЛУ). Больше 1 г/кг хлоридов в ДО было обнаружено в озерах Окунево (1595 мг/кг), оз. б/н, КП 1413 (2180 мг/кг). Как правило, в этих озерах было повышено содержание хлоридов и в воде.

Сульфаты, как и хлориды, накапливаются в ДО в результате солевого загрязнения. В отличие от хлоридов содержание сульфатов в ДО непостоянно. Оно может сильно меняться от станции к станции, но в целом, связано со структурой грунта. Это хорошо заметно на примере оз. Окунево. Диапазон концентраций сульфатов в ДО составил 9,6 – 616,0 мг/кг.

Таким образом, более выраженные изменения химического состава воды и ДО в условиях нефтяного загрязнения наблюдается в озерах с органогенными ДО. Существенные изменения начинаются в среде, где содержание НП превышает значение ДОСН_{ДО} (>0,2 г/кг) в озерах с песчаным ДО и более 1,0 г/кг – для органогенных ДО. Основные, изменяющиеся показатели химического состава воды и ДО в условиях нефтяного загрязнения – это биогены (NH_4^+ , NO_3^- и PO_4^-), ОВ (по ПО и БПК₅), хлориды, сульфаты, которые коррелируют между собой в воде и ДО, а также с суммарным индексом токсичности (СИТ), фито- и зоопланктоном и бентосом ($r \geq 0,4$, $P < 0,05$).

6.2 Воздействие на гидробионты

Возможные виды воздействия нефти и НП в ДО на гидробионты определяли в модельных экспериментах и на основе анализа данных обследований 27 озер на

территории лицензионных участков нефтедобывающих предприятий Нижневартовского и Сургутского районов ХМАО (Приложение А).

Были исследованы сообщества бактериопланктона и бактериобентоса, фитопланктона, зоопланктона, макрозообентоса с 17.08 по 25.09.2016 г. в озерах, различающихся по характеру ДО и степени загрязнения НП.

Определяли видовой состав, биомассу и численность жизненных форм.

6.2.1 Бактериальные сообщества

Бактериопланктон и бактериобентос исследуемых озер формируется на основе автохтонного и аллохтонного ОВ. По гидрологическим характеристикам исследуемые озера, в основном, мелководны и весьма разнообразны по характеру ДО, но преимущественно органогенные.

Общая численность микроорганизмов в воде в период исследований при температуре от 17 до 23 °С колебалась в широких пределах - 0,01-1,27 млн.кл/мл. Максимальное количество сапрофитных бактерий (выше 1 млн.кл/мл) обнаружено в воде оз. Сыхтымлор и озер б/н в р-не КП 2121 и 9А (фоновое). В этих же озерах было повышено количество углеводородокисляющих (УОМ) – 0,34-0,84, литотрофных – 0,77-0,95 и нитрифицирующих – 0,39-0,83 тыс.кл/мл бактерий. Все эти озера относятся к группе внутриболотных с органогенными ДО и достаточно высокой степенью нефтяного загрязнения воды (0,15-0,42 мг/дм³). Содержание НП в ДО составляет 1,1-3,3 г/кг (ИК-фотометрия).

Вторая группа озер содержит в воде сапрофитов 0,32-0,6 тыс.кл/мл, УОМ – 0,15-0,44 тыс.кл/мл и нитрифицирующих – 0,25-0,51 тыс.кл/мл. Это озера Вильент, Матылор, оз. у КП 1288, содержащие НП в воде от 0,05 до 0,5 мг/дм³ и в ДО – 3,57-12,1 г/кг (ИК-фотометрия).

В остальных озерах количество сапрофитов составило от 0,01 до 0,25 тыс.кл/мл, литотрофной микрофлоры – от 0,01 до 0,12 тыс.кл/мл, нитрифицирующих – 0,01-0,18 тыс.кл/мл, при очень широком диапазоне нефтяного загрязнения: вода – 0,02-0,38 мг/дм³, ДО песчаные – 0,06-9,1 г/кг, органогенные – 1,0-297,0 г/кг. В самых грязных озерах – б/н у КП 1413 и № 1 у КП 14, содержащих НП в воде –

0,15-0,58 мг/дм³, в ДО – 77-297 г/кг, снижена численность всей микрофлоры, включая нефтеокисляющую.

Донные отложения естественных и нарушенных озер представляют собой сложное сочетание органической части различной степени разложения, минеральной составляющей, эндогенных и техногенных углеводородов (нефтепродуктов). Причем загрязнение ДО нефтепродуктами мозаично.

Все это нашло отражение в численности микроорганизмов различных эколого-трофических групп. Условно, по численности сапрофитной микрофлоры и микроорганизмов, использующих различные формы азота, исследованные озера могут быть разделены на три группы:

1-я группа с высокой численностью, около 100 млн. кл/мл (оз. б/н у КП 2121 и у КП 1288);

2-я группа – от 100 тыс. до 1 млн кл/мл (Маляк-Пасольское, Тойхлор, Матылор и озера б/н у КП 2220, оз. б/н ЛУ Поточный, оз. б/н КП – 9А(фон), №2 у КП 14 Южно-Аганского ЛУ, №1, Тевлинско-Русскинской ЛУ);

3-я группа- с показателями ниже 100 тыс. и в отдельных случаях 10 тыс. кл/мл оз. у КП 1413, Окунево, Ленинградское, оз. № 5 и 6 Южно-Аганский ЛУ). ДО этих озер отличается как типом ДО, так и уровнем нефтяного загрязнения.

Литоавтотрофная микрофлора в основном находится в пределах численности от 1 до 100 тыс.кл/мл. Однако, выявлены донные отложения с высокими значениями от 3 до 9 млн кл/мл: оз. Сыхтымлор и Матылор с органогенным ДО и содержанием УВ 7,2 – 5,1 г/кг (ИК-фотометрический метод контроля).

Численность анаэробных микроорганизмов нестабильна: максимальные значения – от 42 до 69 млн.кл/мл в оз. у КП 2121 и 1288, хотя первое относится к фоновым (содержание НП – 1,0 г/кг), второе к загрязненным (4,6 г/кг). Минимальным значением – 6-11 тыс.кл/мл характеризуются озера Окунево и Калач (оба фоновые). Такая широта показателя понятна, поскольку он, в первую очередь, зависит от содержания О₂ в придонном слое воды и восстановительных условий в ДО.

Повышенное содержание анаэробных микроорганизмов в 8 озерах с повышенным в ДО содержанием НП, свидетельствует о напряженном кислородном ре-

жиме в придонном слое воды. В самом грязном оз. б/н 1413 – бактериобентос угнетен. Метод культивирования микроорганизмов на двух питательных средах с разными источниками углерода позволил выделить объекты с активными нефтеокисляющими (НОМ) и углеводородокисляющими (УОМ) микроорганизмами. Активность НОМ (среда Раймонда) достигает значений 484 – 814 тыс. кл/мл (оз. б/н Поточный ЛУ, Матылор и Вильент), а УОМ в отдельных случаях достигает значения 1,4 млн кл/мл (оз. б/н у КП 1288), что свидетельствует о значительной доле биогенных УВ в пробе. При этом выявлены значения практически с нулевыми значениями.

Прямой зависимости между содержанием НП в ДО и активностью донных групп микроорганизмов не выявлена (таблица 17), но отмечена прямая, статистически достоверная корреляция с аммонийным и нитратным азотом, сульфатами, а также суммарным индексом токсичности, что опосредованно свидетельствует о наличии связи, так как в разложении нефти принимают участие кроме УОМ, сульфатредуцирующие бактерий и метаногены-аммонификаторы [28].

Таблица 17 – Корреляционная зависимость численности разных форм бактериобентоса от химических показателей

	Сапрофитная микрофлора	Микроорганизмы, использующие минеральный азот	Литотрофная микрофлора	Нефтеокисляющая микрофлора (НОМ)_Раймонда (патент)	Углеводородокисляющая микрофлора (УОМ)_на Кинга (традиционное)	Анаэробная микрофлора	Спорообразующая
Зольность, %	-0,238704	-0,260313	0,286454	-0,155985	-0,241402	-0,203207	-0,177180
ППП, %	0,238704	0,260313	-0,286454	0,155985	0,241402	0,203207	0,177180
pH водная вытяжка	0,235969	0,162930	0,180653	-0,036329	0,282500	0,294772	0,316919
pH солевая вытяжка	0,280298	0,168574	0,143089	-0,166242	0,338415	0,347765	0,396174
N/NH ₄ мг/кг	0,530964	0,501172	-0,220119	0,089470	0,481057	0,474720	0,391519
NO ₃ мг/кг	0,385411	0,314473	-0,150298	0,007910	0,509319	0,428147	0,462122
Cl ⁻¹ мг/кг	0,025430	0,025002	-0,137789	0,181671	0,113646	-0,016909	0,047499
УВ (ИК)	-0,066307	-0,086793	-0,099280	-0,119836	-0,086829	-0,064688	-0,008495
НП (фл.)	-0,079295	-0,095921	-0,086964	-0,116519	-0,100057	-0,081249	-0,026391
Арены	-0,119403	-0,133209	-0,106826	-0,139568	-0,156480	-0,113716	-0,090310
СИТ ₃	0,584140	0,446187	-0,001014	0,144863	0,665129	0,633932	0,701606
PO ₄ ⁻ гр	0,026251	0,019603	-0,125109	-0,012786	0,030319	0,021245	0,034012
SO ₄ ²⁻ гр	0,286537	0,286357	-0,213917	0,020296	0,416398	0,304965	0,338043
Примечание – выделены статистически достоверные (P < 0,05) связи							

Анализируя взаимосвязь между механическим (гранулометрическим) составом, характером химических и биохимических процессов (аммонификация, степень разложения ОВ), происходящих в ДО исследованных озер, и численностью выявляемых микроорганизмов на момент исследования, можно сделать ряд заключений:

- численность основных ЭТГМ в большей степени зависит от происхождения и степени разложения ОВ в донных отложениях и накопления биогенов, чем от других факторов, в частности, содержания НП;

- в озерах, с преобладанием песчаной фракции, возрастания УОМ не наблюдается даже при условии поступления извне нефтяного загрязнения;

- в органогенных ДО, в которых преобладают процессы разложения ОВ, в том числе торфа, наблюдается высокое насыщение донного субстрата токсическими соединениями, оказывающими угнетающее влияние на УОМ;

- биогенные УВ торфа способствуют увеличению численности гетеротрофной сапрофитной микрофлоры и анаэробов.

6.2.2 Фитопланктон

В августе-сентябре 2016 г. в фитопланктоне 27 исследованных озер было обнаружено 85 видов и более крупных таксонов из 8 систематических отделов (таблица 18).

Таблица 18 – Таксономический состав фитопланктона

Таксон	Количество	%
Зеленые	44	51,8
Синезеленые	12	14,1
Диатомовые	11	12,9
Золотистые	5	5,9
Криптофитовые	5	5,9
Динофитовые	3	3,5
Эвгленовые	3	3,5
Желто-зеленые	2	2,4
Итого:	85	100

Наиболее разнообразно представлены зеленые (51,8 %), синезеленые (14,1 %) и диатомовые (12,9 %) водоросли, которые, в основном, доминировали по численности и биомассе в большинстве исследуемых озер. В некоторых озерах основную

роль в создании биомассы играли желто-зеленые (оз. Пильтанлор), золотистые (оз. Калач, оз. б/н Тевлинско-Русскинского ЛУ, Ленинградское, Песчаное, литораль), криптофитовые (оз б/н КП9А фоновое, оз. б/н Поточный ЛУ, литоральные, оз. №1 и 5 Южно-Аганского ЛУ, Маляк-Пасольское, литораль) и динофитовые (оз. б/н Урьевский ЛУ, оз. б/н КП9А, загрязненное, Маляк-Пасольское, профундаль).

Наиболее распространенными из отряда зеленые были *Scenedesmus quadricauda*, *Scenedesmus ellipticus* (они зафиксированы в 15 из 27 озер) и *Dictyosphaerium pulchellum* (в 10 озерах), остальные встретились в 1 – 6 озерах; из отряда диатомовые – *Asterionella formosa* (в 9 озерах); из отряда сине-зеленые – *Merismopedia minima* (в 7 озерах); из отряда криптофитовые – *Cryptomonas marssonii* (в 15 озерах); из отряда золотистые – *Dinobryon divergens* (в 14 озерах). Остальные виды и разновидности встречаются в ограниченном числе озер. Эвгленовые, которые по данным других исследований на сильно загрязненных нефтью озерах создавали основную биомассу (данные ОПИ ОАО «Сургутнефтегаз», ООО «Лукойл-Западная Сибирь»), из исследованных нами озер были обнаружены только в 6-ти и не играли существенной роли в создании биомассы фитопланктона.

Минимальные средние значения численности и биомассы фитопланктона зафиксированы на лицензионных участках **ОАО «Сургутнефтегаз»** в оз. Песчаное – 260,1 тыс.экз./м³ и 85,6 мг/м³, максимальные в оз. Пильтанлор – 1352,8 тыс.экз./м³ и 553,0 мг/ м³; в озерах **АО «Самотлорнефтегаз»** минимальные значения численности наблюдались в оз. Матылор – 65,9 тыс.экз./м³, биомассы 190,9 мг/м³ - в оз. Вильент, максимальная численность – 1588,4 тыс.экз./м³ в оз №2 у КП 2220, а биомасса – 6584,2 мг/м³, в оз. № 3 у КП 2121. Это связано с разными доминантами, формирующими биомассу, в оз.Матылор и оз. б/н у КП 2121 это зеленые, в оз. Вильент – диатомовые, в оз. у КП 2220 – синезеленые и диатомовые. На лицензионных участках **ООО «Лукойл-Западная Сибирь»** отмечено минимальное видовое разнообразия среди всех исследованных озер - 1 – 3 вида, и только в оз. б/н у КП 9А и оз. б/н Поточный ЛУ – 7 – 11 видов. Соответственно отличались и количественные показатели: 318,9 и 1733,4 тыс.экз./м³ в последних озерах и 6,4 – 744,4 тыс.экз./м³ - в

остальных. Максимальная биомасса определена в оз. б/н, Тевлинско-Русскинской ЛУ – 1538,2 мг/ м³ при минимальном числе видов. Биомассу создавали золотистые.

В озерах **ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»** максимальное число видов 25 – 27 было обнаружено в оз. № 1, 2 и 4, причем содержание НП в ДО не сказалось на этом показателе так же, как и на количественных показателях.

Видовой состав сильно отличался в разных озерах (Приложение Б) : от 1 – 2 видов (оз. №4 КП 2084 и 2091 и оз. б/н, Урьевский ЛУ) до 25 – 27 видов (озера в районе Южно-Аганский ЛУ). Также значительно отличались количественные показатели, особенно в загрязненных озерах, не зависимо от характера ДО (таблица 19).

Таблица 19 – Средние показатели фитопланктона в озерах с разной структурой ДО

Показатель	Минеральные ДО			Органогенные ДО		
	Фоновые [0.05-0.19]	Загрязнен. [0.23-14.1]	Отнош. средних	Фоновые [0.27-1.0]	Загрязнен [1.27-140]	Отнош. средних
Число таксонов n , шт	<u>6-13</u> 9 (2.0)	<u>1-8</u> 6 (8.0)	1.5	<u>5-10</u> 7 (2)	<u>2-14</u> 7 (7)	1.0
Численность N , экз/м ³	<u>137-1880</u> 1007 (13.7)	<u>6.4-2051</u> 714 (320.5)	1.4	<u>130-932</u> 572 (7.2)	<u>9.8-1502</u> 442 (153)	1.3
Биомасса B , мг/м ³	<u>43-755</u> 388 (17.6)	<u>25.9-540</u> 326 (20.8)	1.2	<u>159-10567</u> 2223 (66.5)	<u>6.3-2946</u> 460 (468)	4.8

Примечания: в квадратных скобках - диапазон содержания НП в ДО, измеренных флуориметрически (г/кг); в круглых – кратность изменения показателя между максимальным и минимальным значениями показателя, приведённых в числителе; в знаменателе - среднее значение по диапазону для показателя

Видовое разнообразие фитопланктона не зависело от структуры ДО, средние показатели численности были выше в озерах с песчаным ДО, а биомасса – в озерах с органогенными ДО. Основной причиной явилось повышенное содержание биогенов (азота, фосфора) в органогенных ДО. Об этом свидетельствует статистически достоверная корреляционная зависимость между этими показателями ($r=0,4 - 0,42$, $P < 0,05$).

Таким образом, характер ДО и степень загрязнения ДО нефтью и НП существенно не влияет на качественные и количественные показатели фитопланктона.

6.2.3 Зоопланктон

По результатам исследований в составе зоопланктонного сообщества исследуемых озер в августе – сентябре 2016 г. обнаружено 107 видов и крупных таксонов беспозвоночных, относящихся к 3 основным систематическим группам: коловратки - 52 (48,6 %), ветвистоусые - 41 (38,3 %) и веслоногие - 14 (13,1 %). Среди них типичные представители северной фауны, отличающиеся широкой экологической валентностью: из коловраток *Asplanchna priodonta*, *Kellicottia longispina*, *Lecane (M) lunaris*, *Polyarthra major*, *Synchaeta pectinata*; среди ветвистоусых - *Bosmina obtusirostris*, *Ceriodaphnia quadrangula*, *Chydorus sphaericus*, *Chydorus ovalis*, *Polyphemus pediculus*. Повсеместно встречавшийся ранее *Holopodium gibberum* обнаружился в ограниченном числе озер.

На лицензионном участке ООО «Сургутнефтегаз» в 4-х озерах (Тойхлор, Песчаное, Сыхтымлор, Пильтанлор) обнаружено 78 видов и крупных таксонов, в том числе: коловраток - 30 (38,5 %), ветвистоусых - 39 (50 %) и веслоногих - 9 (11,5 %). Доминировали типичные представители таежного комплекса: из ветвистоусых *B. obtusirostris*, *Ch. sphaericus*, *Daphnia cricidata*, которые вносили существенный вклад в биомассу. В литорали оз. Сыхтымлор основу обилия сообщества создавала колониальная коловратка *Conochilus unicornis*, на долю которой приходилось 54 % общей численности зоопланктона. Численность зоопланктона колебалась в пределах 7018-70443 экз./м³ (в среднем - 37862 экз./м), биомасса - от 55,1 до 451,1 мг/м³ (в среднем - 225,4 мг/м³). Наиболее богатым в количественном отношении было озеро Песчаное: средняя численность - 65325 экз./м³, биомасса - 435,4 мг/м³. Минимальные количественные показатели зарегистрированы в литорали оз. Тойхлор - 7018 экз./м³ и 55,1 мг/м³, в профундали - в 3,5 и 2,6 раз больше.

На лицензионном участке АО «Самотлорнефтегаз» исследовали 9 озер. Видовой состав водоемов был представлен 94 видами и крупными таксонами, в том числе: коловраток - 47 (50 %), ветвистоусых - 36 (38 %), веслоногих рачков - 11 (12 %) и их молодь. Также в пробах обнаружены организмы бентоса на ранних стадиях (личинки хирономид и олигохеты). Количественные показатели беспозвоночных по озерам колебались в широких пределах: численность — от 850 до 105080 экз./м³,

биомасса — от 5,7 до 1496 мг/м³ (средние величины - 33248 экз./м³ и 314,5 мг/м³). Максимальное число видов (37) обнаружено в оз. б/н № 6 у КП 1288 при средней численности и биомассе 25370 экз./м³ и 106,5 мг/м³, соответственно разница между литоралью и профундалью составила 11,6 раз по численности и 36,3 раза по биомассе.

По биомассе в литорали доминировали в большинстве озер ветвистоусые, в профундали - веслоногие, коловратки и ветвистоусые. Среди коловраток доминировали *A. priodonta*, среди ветвистоусых – *P. pediculus*, *B. obtusirostris*, *L. lunaris*, среди веслоногих рачков *Mesocyclops leucharti* и их молодь, которые определяли величину биомассы в профундали. То есть наиболее массовые и широко распространенные виды в озерах таежной зоны.

На территории **Южно-Аганского ЛУ ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»** в озерах б/н № 1, 2, 3 (грязные), № 4 (контрольное), № 5 и 6 (фоновые), Маляк-Пасольское (Северо-Покачевский ЛУ) зоопланктон был представлен 69 видами и крупными таксонами, в том числе: коловратки - 31 (45 %), ветвистоусые - 30 (43 %) и веслоногие рачки - 8 (12 %), в пробах наблюдались также науплиальные и копеподитные стадии веслоногих рачков. Количественные показатели составили в среднем 10193 экз./м³ (от 1923 до 28527 экз./м³) и 96,6 мг/м³ (от 2,74 до 352,7 мг/м³). По биомассе доминировали, в основном, ветвистоусые рачки, в профундали оз. б/н № 2 и 3 — веслоногие ракообразные. В популяциях ветвистоусых доминировали *Ch. sphericus* и *Sida crystallina*, на которых приходилось 8-73 % численности, 17-26 % биомассы. Веслоногие и коловратки обеспечивали 26-48 % общей численности и 7-21 % общей биомассы. В контрольном озере № 4 основную численность создавали ветвистоусые ракообразные – 86,2 %. Наиболее массово были представлены *B. obtusirostris* и *H. gibberum*. Доля веслоногих составляла 7,2 %, а коловраток – 7,63 %.

Видовой состав зоопланктона 6-ти озер **ООО «Лукойл-Западная Сибирь»** представлен 62 видами: коловраток – 30 (48 %), ветвистоусых – 23 (37 %) и веслоногих – 9 (15 %) и личинки ранних стадий бентосных организмов.

Количественные показатели были самыми низкими: средняя численность - 669,7 экз./м³ (от 977 до 248000), биомасса - 34,6 мг/м³ (от 4,44 до 161,7 мг/м³). В 78

% проб по биомассе доминировали ветвистоусые и по 11 % веслоногие и коловратки. В доминирующий комплекс в разных озерах входили рачки *Ch. sphericus*, *Simocephalus serrulatus*, *C. quadrangula*, *Heterocope appendiculata* и молодь циклопов и коловратки *K. longispina longispina*. В фоновых озерах значительную роль играл ксено-олигосапроб *H. gibberum*.

Сравнение качественных и количественных данных зоопланктона озер с разным типом ДО (Приложение В) показало, что характер грунта существенно не влияет на показатели беспозвоночных (таблица 20).

Таблица 20 – Средние показатели зоопланктона озер с разным типом донных отложений

	Минеральные ДО	Смешанные ДО	Органогенные ДО
Число таксонов n , шт	$\frac{5-52}{24}$ (10,4)	$\frac{15-34}{24}$ (2,2)	$\frac{4-37}{26}$ (9,3)
Численность N , экз/м ³	$\frac{2884-70443}{24703}$ (24,4)	$\frac{7153-60510}{13974}$ (8,5)	$\frac{850-105080}{21866}$ (123,6)
Биомасса B , мг/м ³	$\frac{29,9-451,1}{157,1}$ (15,0)	$\frac{27,4-759,5}{141,2}$ (27,5)	$\frac{5,69-1495,8}{232,9}$ (262,4)
Примечания – в скобках – кратность изменения показателя между максимальным и минимальным значениями, приведённых в числителе; в знаменателе - среднее значение по диапазону для показателя			

Число видов, средние величины численности и биомассы находятся в одном порядке чисел. Отличается только диапазон показателей. В фоновых озерах он шире с минеральными ДО, в загрязнённых – с органогенными (таблица 21).

Более заметная разница наблюдается в озерах с минеральными ДО: в загрязнённых озерах по сравнению с фоновыми среднее число видов снижено в 2,3 раза, численность – в 4,6 раз, биомасса – в 4,5 раза. В озерах с органогенными ДО для первых двух показателей разница меньше (1,1 и 2,2 соответственно), а для третьего (биомасса) – больше (5,3 раза).

Вместе с тем фоновые с фоновыми и загрязнённые с загрязнёнными озерами характеризуются величинами одного порядка, что подтверждает отсутствие роли структуры и степени загрязнения ДО НП на показатели зоопланктона.

Таблица 21 – Средние показатели зоопланктона в озерах с разной структурой донных отложений

Показатель	Минеральные ДО			Органогенные ДО		
	Фоновые [0.05-0.19]	Загрязнен. [0.23-14.1]	Отнош. средних	Фоновые [0.27-1.0]	Загрязнен [1.27-140]	Отнош. средних
Число таксонов n , шт	<u>16-52</u> 32 (3,3)	<u>13-15</u> 14 (1,2)	2,3	<u>22-34</u> 29 (1,5)	<u>14-34</u> 27 (2,4)	1,1
Численность N , экз/м ³	<u>7018-70443</u> 42227 (10,0)	<u>4418-19635</u> 9086 (4,4)	4,6	<u>12207-60000</u> 26666 (4,9)	<u>1934-19034</u> 12368 (9,8)	2,2
Биомасса B , мг/м ³	<u>55,1-451,1</u> 263,1 (8,2)	<u>13,6-116,5</u> 58,4 (8,6)	4,5	<u>128,7-493,7</u> 301,2 (3,8)	<u>9,8-140,3</u> 57,3 (14,3)	5,3
Примечания: в квадратных скобках - диапазон содержания НП в ДО, измеренных флуориметрически (г/кг); в круглых – кратность изменения показателя между максимальным и минимальным значениями показателя, приведенных в числителе; в знаменателе - среднее значение по диапазону для показателя						

6.2.4 Макробоентос

В августе – сентябре 2016 г. макрозообентос исследуемых озер включал 50 видов и таксонов из 12 таксономических групп. Наиболее разнообразно представлено семейство комаров-звонцов (29 видов) из отряда Diptera, из комаров-мокрецов встретилось 4 вида. Найдено 4 вида ручейников, 2 вида стрекоз. Остальные насекомые: жуки - плавунчики, вислоккрылки, типулиды, хаобориды и водные клопы были представлены одним видом. Кроме того, в донном комплексе обследованных водоёмов содержались малощетинковые черви (тубифициды), ракообразные (остракоды), пиявки, паукообразные (водяные клещики) и молодь двустворчатых моллюсков.

На территории ООО «Сургутнефтегаз» бентофауна оз. Сыхтымлор оказалась крайне бедной, как в качественном, так и в количественном отношении. В прибрежье озера единично встретились личинки хирономид (*Microtendipes pedellus*), а в центре - найдены малощетинковые черви из рода *Limnodrilus*. Средняя по озеру численность бентосных организмов составила 12 экз/ м², а биомасса – 0,035 г/м².

В остальных озёрах (Тойхлор, Песчаное и Пильтанлор) донный комплекс состоял из личинок насекомых: ручейников, комаров-звонцов и комаров-мокрецов. В озере Песчаном единично встретился взрослый жук-плавунчик (*Haliphus sp.*). Кроме насекомых в состав макрозообентоса Сургутских озёр входили малощетинковые черви из рода *Limnodrilus* и водяные клещики (*Hydrachnella*). В озере Пильтанлор, кроме того, отмечены пиявки (*Helobdella stagnalis*), двустворчатые моллюски (молодь *Pisididae*), ракообразные (*Ostracoda*) и нематоды.

Наибольшие количественные показатели зообентоса были отмечены в озере **Тойхлор**. Средняя численность бентосных организмов составила 1062 экз/м², при средней биомассе 3,71 г/м². Основу численности (79,1 %) и биомассы (95,9%) создавали личинки комаров-звонцов (*Glyptotendipes paripes*). В озере **Песчаное** бентосные организмы были обнаружены только в прибрежье, в среднем по озеру численность бентоса составила 100 экз/м², а биомасса – 0,165 г/м². В озере **Пильтанлор** более богатым в качественном и количественном отношении было прибрежье, в среднем численность бентосных организмов составила 564 экз/м², при средней биомассе 0,99 г/м².

На территории лицензионного участка **АО «Самотлорнефтегаз»** обследовали 10 водоёмов Нижневартовского района. Все они разнообразны по составу грунтов, видовому составу и количественным показателям макрозообентоса.

Максимальные значения численности (10560 экз/м²) и биомассы (13,92 г/м²) зообентоса наблюдались в профундали **озера б/н у КП 1288**. Здесь же было отмечено наибольшее количество видов (13). Такая численность достигалась за счёт развития личинок комаров-звонцов родов *Glyptotendipes*, *Tanytarsus*, *Chironomus* и олигохет из рода *Limnodrilus*. Средняя по озеру численность донных организмов составила 6130 экз/м². Наибольшая биомасса создавалась за счёт крупных личинок стрекоз *Leucorrhinia rubicunda*. В среднем по озеру биомасса бентоса составила 9,25 г/м².

Более высокая биомасса при сниженной численности была обнаружена в **озере б/н у КП 2121**. Здесь встречались личинки стрекоз и двукрылых. Из стрекоз в озере найдена *Leucorrhinia rubicunda*, которая доминировала в профундали по био-

массе. Из двукрылых отмечены два семейства комаров: звонцы и мокрецы. Мокрецы представлены одним видом – *Palpomyia lineata*, а звонцы – двумя видами из рода *Chironomus* и одним видом из рода *Cryptochironomus*. Причём, *Chironomus heterodontatus* доминировал по численности на всей акватории водоёма. Средняя по озеру численность бентоса составляла 1180 экз/ м² при биомассе 15,69 г/м².

Минимальные количественные показатели наблюдались в самом грязном оз. б/н у КП 1413 и в оз. б/н между КП 2084-2091. Бентосные организмы были обнаружены в первом озере только в прибрежной части водоёма в торфянистом грунте, в профундали в заиленной глине организмы отсутствовали. В литорали найдены малощетинковые черви и личинки двукрылых насекомых из семейства Tipulidae (комаров-долгоножек). Средняя по озеру численность зообентоса составила 14 экз/ м², а биомасса – 0,09 г/м².

В озере б/н между КП 2084-2091 из бентосных организмов единично встретились только личинки вислоккрылок из рода *Sialis* и два вида хирономид из рода *Procladius*, причём, по биомассе в озере доминировали вислоккрылки. В среднем по озеру численность бентосных организмов составляла 11 экз/м² и биомасса – 0,04 г/м².

В остальных озерах численность бентонтов колебалась от 94 до 1084 экз/м², а биомасса от 0,24 до 2,12 г/м², то есть была очень бедной, как в количественном, так и в качественном отношении. Число видов и таксонов не превышало 9 (в основном 2-4 вида).

На территории ЛУ ООО «Лукойл – Западная Сибирь» было обследовано 6 озёр Нижневартовского района. Исследованные озёра очень разнообразны по составу грунтов, видовому составу и количественным показателям макрозообентоса.

Наибольшие показатели численности (831 экз/м²), биомассы (3,46 г/ м²) и максимальное количество видов (17) отмечено в прибрежье озера б/н ЛУ Поточный. Здесь в торфяном грунте по биомассе (29,3 % общей) доминировали личинки стрекозы (*L. rubicunda*), а по численности (26,5 %) – комары-звонцы (*Endochironomus albipennis*). Средняя численность бентосных организмов составила 436 экз/ м², а биомасса – 1,77 г/м².

Минимальные показатели численности (7 экз/м²) и биомассы (0,003г/м²) наблюдались в профундали фонового озера б/н **Нонг - Еганский ЛУ**. В донном комплексе озера отмечены 4 вида комаров-звонцов и 1 вид стрекоз. В профундали единично встретились очень мелкие личинки хирономид -*Parastiella orophila*. В литорали по численности (63,8 % общей) доминировали личинки хирономид (*Telmatopelopia nemorum*), а по биомассе (86,3 % общей) – личинки стрекоз (*L. rubicunda*). В среднем по озеру численность зообентоса составляла 51 экз/м², а биомасса – 0,52 г/м².

Остальные озера характеризовались низкой численностью бентоса – от 40 до 237,5 экз/ м² и биомассой – от 0,08 до 1,08 г/ м².

Из озер на территории Южно-Аганского месторождения **ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз»** наиболее разнообразный видовой состав бентофауны (15-18 видов) наблюдался в озерах № 4, 7 и Маляк-Пасольском. Видовой состав озерного зообентоса включал в себя различных насекомых из трех крупных таксономических групп: 1 вид вислоккрылок, 3 вида ручейников, остальные относятся к двукрылым насекомым, которые представлены тремя семейства: комары-звонцы, комары-мокрецы и хабориды. Причем, самым разнообразным было семейство звонцов.

Озеро Маляк-Пасольское Северо-Покурский ЛУ. Видовой состав озёрного зообентоса включал в себя различных насекомых из трёх крупных таксономических групп: Megaloptera, Trichoptera и Diptera. Вислоккрылки представлены личинками рода *Sialis*, ручейники - двумя видами: *Oligostomis reticulata* и *Cyrnus flavidus*, двукрылые - двумя семействами: комары-звонцы и комары-мокрецы. Самым разнообразным было семейство звонцов, которое включало 11 видов. Из мокрецов встретился только один вид - *Mallochohelea munda*. Кроме того, в профундали в небольших количествах встречались и водяные клещики. Средняя по озеру численность бентоса составила 2297 экз/ м², а биомасса – 4,53 г/м².

Озера Южно-Аганского ЛУ. Озера № 5-7 - фоновые. Донный комплекс оз. № 5 представлен только двумя таксонами: ручейниками и двукрылыми. В озере встречалось два вида ручейников: *O. reticulata* и *C. flavidus*. Из двукрылых найдено семь видов хирономид. Причём, все мелкие хирономиды встречались в профундали

водоёма. Средняя по озеру численность зообентоса составила 51 экз/ м², биомасса не превышала 0,25 г/м² из-за мелких размеров бентосных организмов.

Донное население оз. № 6 представлено личинками стрекоз и двукрылых насекомых. Из стрекоз встречалась только *L. rubicunda*. Diptera представлены двумя семействами: Chironomidae и Chaoboridae. Кроме того в литорали найдены водные клещики. В среднем по озеру численность бентосных организмов составила 88 экз/ м² при биомассе 0,31 г/м².

В профундали оз. № 7 видовой состав был богаче, чем в литорали, и включал три крупные таксономические группы насекомых: вислоккрылки, ручейники и двукрылые. Из ручейников встречался *C. flavidus*, из вислоккрылок – личинки из рода *Sialis*. Двукрылые насекомые представлены двумя семействами: Chironomidae и Chaoboridae. Наиболее разнообразно представлено семейство хирономид, которое состояло из 11 видов (*Chironomus heterodentatus*, *Ch. dorsalis*, *Ch. cingulatus*, *Glyptotendipes glaucus*, *Cryptocladopelma viridula*, *Polypedilum scalaenum*, *Microtendipes pedellus*, *Procladius ferrugineus*, *Pr. choreus*, *Cricotopus algarum* и *Tanytarsus holochlorus*). Из хаоборид встретился *Chaborus sp.* Кроме того в профундали озера найдены и водные клещики (*Hydrachnella*). В литорали присутствовали только мелкие личинки хирономид. Основу биомассы составили крупные личинки вислоккрылок. В среднем по озеру наблюдалась высокая численность бентосных организмов (800 экз/ м²) при сравнительно невысокой его биомассе - 2,14 г/м².

Озера у КП 14. Оз. № 4, контрольное. На озерах №1, 2, 3 проводили изъятие загрязненных нефтью ДО в июне 2014 г.

В сентябре 2016 г. в бентосе оз. № 4 обнаружили личинок насекомых из четырёх крупных таксономических групп: Odonata, Megaloptera, Trichoptera и Diptera. В литорали озера в небольших количествах встречались только личинки стрекоз (*L. rubicunda*) и вислоккрылок из рода *Sialis*. Кроме названных встречались двукрылые из трёх семейств и ручейники двух видов: *C. flavidus* и *Semblis phalaenoides*. Биомасса бентоса создавалась в основном за счёт крупных личинок стрекоз и вислоккрылок. В конце сентября в прибрежье заметно расширился видовой состав зообентоса за счёт включения в него двух видов личинок хирономид и двух видов ручей-

ников. Ручейник (*O. reticulata*) появился и в профундали водоёма. Здесь был найден и водный клоп (*Sigara falleni*). В среднем по озеру численность бентоса составила 116 экз/ м², а биомасса - 1,68 г/м².

В озерах № 1-3 бентофауна была значительно беднее, было обнаружено 1-2 вида личинок стрекоз и по 1 виду хаборид, хирономид и жуков-плавунчиков. 97 % биомассы создавали личинки стрекоз, в основном *L. rubicunda*. Численность колебалась в пределах 10-28 экз/м², а биомасса – 1,49-4,01 г/м².

Исходя из характера донных отложений исследуемых в ХМАО водоёмов, все озёра можно условно разделить на три основные группы. Причём побережье и середина водоёмов могут отличаться по составу их донных отложений. К I группе (с чисто минеральными ДО) относятся 4 озера: Тойхлор, Песчаное, Пильтанлор и оз. на КП 2220. Смешанные донные отложения наблюдались в основном в профундали озёр. К III группе относятся все озёра Южно-Аганского месторождения, озеро Вильент, Сыхтымлор, Матылор, озера у КП 2084-2091, КП 2121, КП 1288, оба озера Тевлинско-Русского ЛУ (Приложение Г).

Сравнительная характеристика макрозообентоса в озерах с разным типом ДО (таблица 22) показала, что видовое разнообразие донных животных не зависит от характера грунта в фоновых озерах. В обоих случаях максимальное число видов и более крупных таксонов составляло 14 – 17. Однако диапазон колебаний показателя по озерам был больше в органогенных ДО (8,5 раз, в песчаных – 3,5). Еще больше эта разница была в загрязнённых нефтью ДО.

Таблица 22 – Средние показатели макрозообентоса в озерах с разной структурой ДО

Показатель	Минеральные ДО			Органогенные ДО		
	Фоновые [0.05-0.19]	Загрязнен. [0.23-14.1]	Отнош. средних	Фоновые [0.27-1.0]	Загрязнен [1.27-140]	Отнош. средних
Число таксонов n, шт	<u>4 - 14</u> 8 (3,5)	<u>1 - 6</u> 4 (6,0)	2,0	<u>2 - 17</u> 7 (8,5)	<u>1 - 17</u> 4 (17)	2,3
Численность N, экз/м ³	<u>162-1732</u> 676 (10,7)	<u>13-80</u> 35 (6,1)	19,2	<u>14 - 1820</u> 305 (130)	<u>4-852</u> 126 (213)	2,4

Продолжение таблицы 22						
Биомасса В, г/м ³	<u>0.26-5.97</u> 1.60 (23,0)	<u>0.03-0.25</u> 0.11 (8,3)	14,5	<u>0,04-25,6</u> 2,50 (640)	<u>0,01–6,47</u> 1,14 (647)	2,2
Примечания – в квадратных скобках - диапазон содержания НП в ДО, измеренных флуориметрически (г/кг); в круглых – кратность изменения показателя между максимальным и минимальным значениями показателя, приведенных в числителе; в знаменателе - среднее значение по диапазону для показателя						

Средние величины численности бентоса были выше, а биомасса ниже в фоновых озерах с минеральными ДО, в загрязненных озерах с органогенными ДО были выше и численность и биомасса.

При сравнении фоновых и загрязненных озер видим, что в озерах с минеральными ДО, в загрязненных озерах средние величины числа видов меньше в 2 раза, численность в 19,2 раза, биомасса в 14,5 раза. В тоже время в озерах с органогенными грунтами ДО эта разница меньше и составляет по всем показателям 2,2 – 2,4 раза.

Зависимость видового разнообразия организмов макрозообентоса от содержания в ДО НП приведены в Приложение Д.

Величина качественных и количественных показателей макрозообентоса находится в обратной связи с содержанием НП в ДО ($r = -0,42-0,46$, $P < 0,05$).

6.3 Оценка величины норматива ДОСН_{до} по ответным реакциям биологических систем (токсикологические исследования)

По результатам экспериментальных лабораторных исследований, выполненных с большим числом тест-объектов: микроорганизмы (нефтеокисляющие, сапрофитные, гетеротрофные), укореняющиеся растения (3 вида), простейшие, ракообразные (3 вида), личинки хирономид (4 вида), олигохеты (4 вида), моллюски (3 вида), насекомые (дрозофилы) и рыбы (эмбрионы, предличинки, личинки осетра, мальки и сеголетки карпа) с учетом многочисленных физиологических и морфофункциональных показателей была дана оценка токсичности и генетической опасности, загрязненных нефтью ДО для организмов бентоса и рыб-бентофагов (Приложение Е).

Установлено, что при минимальных сублетальных (пороговых) концентрациях (0,03-0,9 г/кг, средняя 0,24 г/кг) происходит стимуляция роста растений, сапрофитных и нефтеокисляющих микроорганизмов, одновременно затормаживается рост амфипод и личинок рыб, у части организмов нарушается репаративная регенерация (черви) и метаморфоз (хируномиды), снижается интенсивность дыхания у моллюсков и личинок карпа, изменяется частота сердечного ритма, синхронность развития эмбрионов осетра.

При концентрациях 0,12-4,0 г/кг возрастает численность нефтеокисляющих микроорганизмов, снижается доля сапрофитов, плодовитость ракообразных и моллюсков, скорость деления простейших, прирост длины и массы ракообразных, хируномид, моллюсков, червей, рыб.

При концентрации $\geq 5,0$ г/кг происходят резкие нарушения водно-солевого обмена у моллюсков, биохимических, гематологических и гистологических показателей у рыб; увеличиваются аномалии развития и гибель эмбрионов и личинок осетра, молоди карпа, ракообразных, а также число хромосомных aberrаций у хируномид и дрозофил.

Таким образом, пороговые концентрации для чувствительных гидробионтов находятся в диапазоне 0,08-0,32 г/кг (средняя – 0,16 г/кг).

Натурное моделирование показало, что колонизация мезокосмов (МК), содержащих речные песчано-илистые ДО, с дозированным внесением нефти (от 0,01 до 10,0 г/кг), заселялись организмами бентоса довольно быстро: к 10 сут во всех МК они обнаруживались в 1-сантиметровом слое нанесенного детрита (25-32 вида), к 29 сут число видов возросло до 25-47, олигохеты и хируномиды обнаружены в толще ДО, к 62 сут содержание организмов начало снижаться в МК с концентрациями выше 0,2 г/кг (рисунок 6).

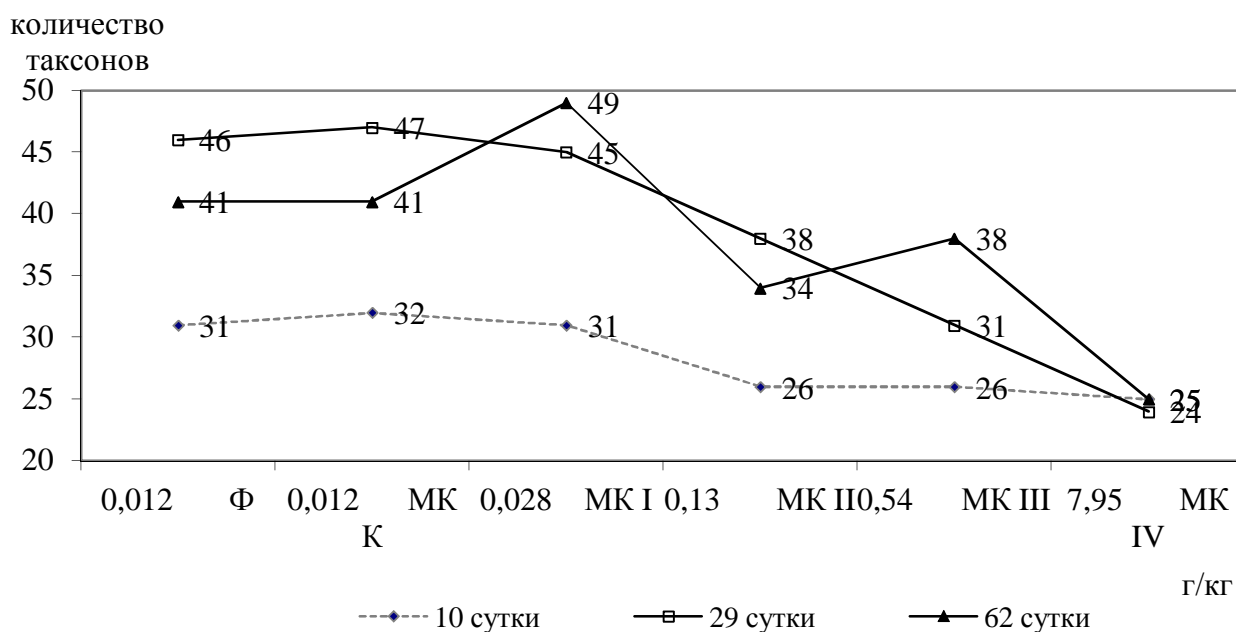


Рисунок 6– Изменение общего количества таксонов в фоновых пробах, контрольных и опытных (нефтесодержащих) мезокосмах в динамике

По мере увеличения концентрации нефти в ДО более наглядно просматривалась перестройка биоценоза, которая сопровождалась сокращением числа видов и крупных таксонов с 46 - 47 видов в фоновых и контрольных пробах до 24-25 видов в МК_{IV}, а также сокращением количественных показателей, о чем свидетельствует индекс плотности основных групп макрозообентоса и индекс отклонения бентоценозов опытных МК от контрольных по мере увеличения концентрации НП в ДО.

Индекс отклонения (*D*) позволяет оценить не только количественные, но и качественные изменения биоценоза по отношению к фону и контролю, что важно для установления пограничной концентрации, при которой экосистема начинает претерпевать изменения от естественного состояния. Индекс отклонения от К с 10 по 62 сут постепенно возрастал соответственно содержанию НП в МК (рисунок 7).

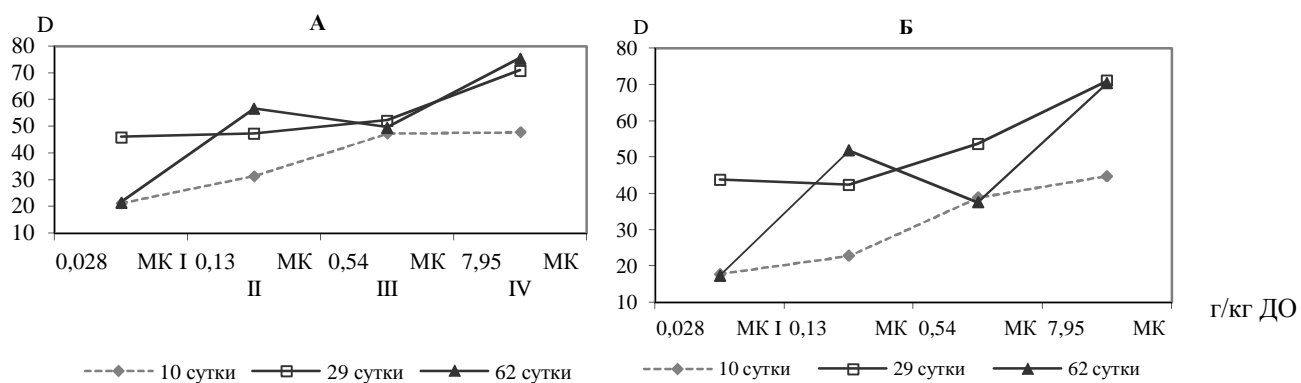


Рисунок 7 – Изменение индекса отклонения (D) опытных бентоценозов от контрольных по численности (А) и биомассе (Б)

К 62 сут в МК_{IV} с максимальным содержанием НП (5-10 г/кг) он достиг 76%, что характеризовало загрязнение и силу влияния на биоценоз как сильное. В МК_I (НП – 0,028 г/кг), где содержание НП было близко к ПДУдо (0,02 г/кг), степень отклонения была «слабая» т.е. обусловленная естественными причинами. Переход от «слабого» к «среднему» отклонению определяет порог воздействия. В пороговом диапазоне (**0,05 – 0,15 г/кг**) донное сообщество начало перестраивается в сторону преобладания наиболее устойчивых к нефти видов хирономид, олигохет, моллюсков и некоторых других групп. Среди традиционно чувствительных к загрязнению групп обнаружены виды, выдерживающие уровень нефтяного загрязнения ДО от 0.05 до 1.0 г/кг. Это поденки *Caenis horaria L.*, хищные ручейники *Neureclipsis bimaculata* и *Hydropsyche ornatula*, пиявки *Helobdella stagnalis*, моллюски *Anisus stroemi*, *Cincinna piscinalis*, *Spherium corneum*. То есть **0,05-0,15 г/кг** - это диапазон обратимого воздействия. С 0,5 г/кг начиналось обеднение донного сообщества и выпадение чувствительных видов ручейников, поденок, вислокрылок, мокрецов, пиявок, двухстворчатых моллюсков. При критическом загрязнении нефтью (**5,0 г/кг** и больше) в ДО происходило нарушение всех структурно-функциональных показателей, доминировали наиболее устойчивые виды хирономид из р *Chironomus*, *Procladius*, олигохет из р. *Limnodrilus* и моллюсков р. *Pisidium*.

Между содержанием НП в МК и биологическими показателями зообентного сообщества обнаружилась сильная статистически достоверная ($p < 0.05 - 0.01$) отрицательная корреляция: общая численность – 0,84, численность хирономид -0,80,

численность и биомасса вислокрылок – 0,6 – 0,64, количество крупных таксонов – 0,80 и положительная корреляция с индексом выравненности, что подтверждает факт обеднения сообщества по мере возрастания концентрации НП.

В хронически загрязненной нефтью р. Ватинский Еган наибольшее видовое разнообразие (34 вида и таксона) макрозообентоса отмечалось на станциях, где содержание НП было минимальным (0,021 – 0,032 г/кг) и близким к ПДУдо (0,02 г/кг), т.е. в устье реки (Отчет, раздел 10,3). На станциях, где ДО содержали НП **0,13 – 0,14** г/кг, обнаружено 19 – 22 вида, на остальных станциях – 12 и меньше. В реке отсутствовали чувствительные виды, среди наиболее устойчивых видов доминировали хирономиды и олигохеты. Их максимальное число (10 – 12 видов хирономид и 7 видов – олигохет), обнаружены на наименее загрязненных станциях, на сильно загрязненных станциях – 1 – 3 вида.

Начиная с концентрации 4,18 г/кг показатели численности и биомассы резко падают (до 180 экз./м² и 3,49 г/м² соответственно), за счет выпадения мелких форм. Далее при увеличении загрязнения до 5,0 – 10,0 г/кг снижается численность, но повышается биомасса за счет крупных устойчивых форм зообентоса (хирономиды, моллюски).

Установлена статистически достоверная обратная корреляция между видовым разнообразием и концентрацией НП в ДО (рисунок 8).

По мере увеличения содержания НП в ДО снижались количественные показатели (рисунок 9), изменялись доминанты, уменьшились индексы Шеннона, Вудивисса, плотности. Динамика количественных показателей - общей биомассы и численности (рисунок 9) отражает начало перестройки сообществ гидробионтов при концентрации нефтепродуктов **0,133 – 0,136** г/кг.

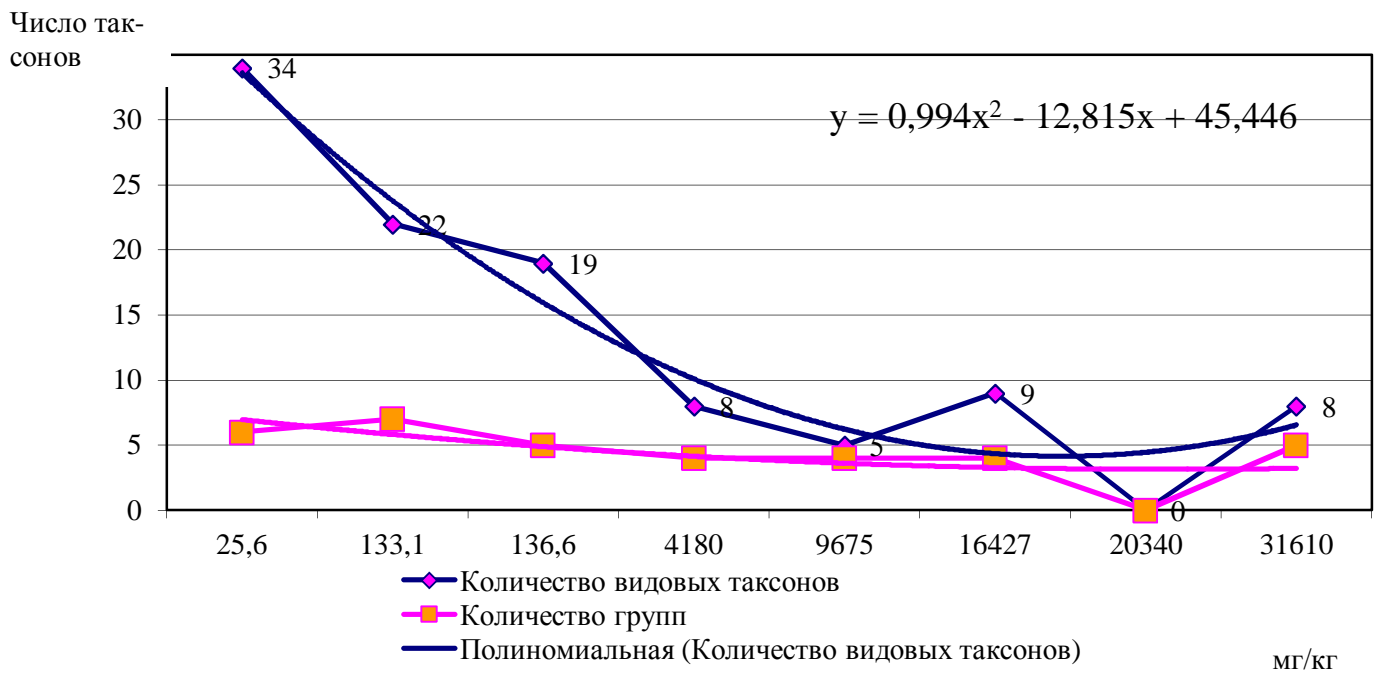


Рисунок 8– Соотношение видового разнообразия макрозообентоса с концентрацией НП в ДО р. Ватинский Еган

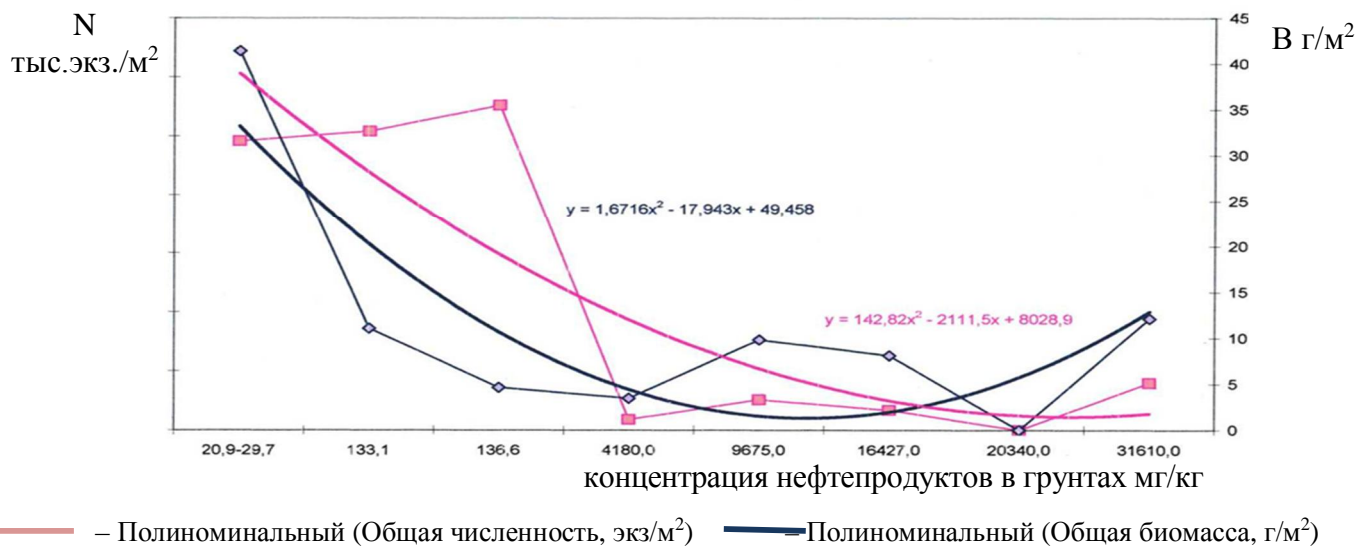


Рисунок 9– Общая численность (тыс. экз/м²) и биомасса (г/м²) макрозообентоса по станциям с разной концентрацией НП в ДО р. Ватинский Еган

Таким образом, как качественные, так и количественные показатели, подтверждают, что при концентрации 0,020-0,029 г/кг негативных изменений в структуре зообентоса не наблюдалось, при повышении содержания нефти до 0,133-0,137 г/кг в сообществе донных гидробионтов начинается перестройка, при концентрации

4,18 г/кг происходит переломный момент, из сообщества выпадают наиболее чувствительные виды, выживают наиболее устойчивые группы гидробионтов.

Результаты натурального моделирования и исследований на хронически загрязненной нефтью реке совпали по грациям воздействия на биоту с данными лабораторных исследований (таблица 23).

Таблица 23 – Средние величины токсических эффектов представителей разных звеньев донных биоценозов в ответ на нефтяное воздействие

Звено	LC ₅₀ г/кг	EC ₅₀ г/кг	ПК г/кг	МДК г/кг
Лабораторные эксперименты				
Концентрация, г/кг <u>Диапазон</u> средняя величина Уровень воздействия	<u>0,06 – 62,5</u> 34,3 критический	<u>0,12 – 30,0</u> 4,75 экстремальный	<u>0,03 – 0,9</u> 0,24 умеренный	<u>0,021 – 0,3</u> 0,06 слабый
Река Ватинский Еган				
<u>Концентрация, г/кг</u> число видов Уровень воздействия	<u>31,6 – 69,7</u> 8 -5 критический	<u>4,2 – 16,4</u> 12 – 10 экстремальный	<u>0,13 – 0,14</u> 19 -22 умеренный	<u>0,02 – 0,03</u> 34 слабый
Мезакозмы				
<u>Концентрация, г/кг</u> число видов Уровень воздействия	<u>5,0 – 10,0</u> 24 критический	<u>0,5 – 1,0</u> 31 экстремальный	<u>0,05 – 0,15</u> 38 умеренный	<u>0,012 – 0,028</u> 47 – 45 слабый

Объединив полученные нами данные по уровням токсических эффектов на нефтяное воздействие, видим, что летальные концентрации (по LC₅₀) находятся в диапазоне средних значений – 5 – 34 г/кг, эффективные, сублетальные (EC₅₀)– 4,8 – 31 г/кг, пороговые (минимально действующие) – 0,05 – 0,24 г/кг и максимально допустимые (МДК) – 0,02 – 0,06 г/кг. Минимальные значения величин МДК (по наиболее чувствительным звеньям) положены в основу ПДУ_{ДО} для песчано-илистых ДО водотоков.

Норматив ДОСН для песчано-илистых ДО должен находиться в диапазоне пороговых концентрации – 0,05 – 0,24 г/кг, действие которых может быть скомпенсировано на уровне физиолого-биохимических механизмов гидробионтов, а также на уровне внутри- и межпопуляционных взаимодействий в водном объекте.

6.4 Токсичность ДО исследуемых озер

Токсичность донных отложений исследуемых озер оценивали с помощью тест-объектов разных трофических уровней: макрофиты *Lemna minor*, простейшие *Paramecium caudatum*, планктонные ракообразные *Ceriodaphnia affinis*.

С помощью простейших и планктонных ракообразных исследовали водную вытяжку ДО (вода : ДО – 1:4), на макрофитах - водную суспензию (вода : ДО - 1:1). Изучаемые тест-функции: ряска – выживаемость, количество и длина листецов, количество и длина корней, простейшие – выживаемость, численность, темп и интенсивность деления, ракообразные – выживаемость и плодовитость.

Грунты некоторых исследуемых озер оказывали острое токсическое действие на простейших и ракообразных, растения (*L. minor*) были наиболее устойчивыми. При хроническом воздействии значительные отклонения отмечали: ряска - количество листецов (вегетативное размножение), длина и количество корней; ракообразные – выживаемость и плодовитость; простейшие – скорость деления и численность.

На основании полученных данных была разработана классификация для оценки токсичности ДО по величине суммарного индекса токсичности (СИТ) (таблица 24).

Таблица 24 - Классификация качества донных отложений по биотестированию (токсичность), СИТ

Класс качества донных отложений	Ранг	Степень загрязнения	СИТ
I	1	Чистые	0,9-1,1
II	2	Слабо загрязненные	0,8-1,2
III	3	Умеренно загрязненные	0,7-1,3
IV	4	Загрязненные	0,6-1,4
V	5	Грязные	0,5-1,5
VI	6	Очень грязные	<0,5 – >1,5

Обобщение всех ИТ по трем тест-объектам, разным по устойчивости, позволило получить усредненную оценку токсичности ДО исследованных водных объектов (таблица 25).

Таблица 25 - Интегральная оценка токсичности ДО озер по показателям жизнедеятельности тест-объектов

Водный объект	Станции	Коэффициент токсичности (СИТ)			СИТ ₃				
		Ряска	Парамеция	Цериодафния					
Озера с органогенными ДО									
Оз. Сыхтымлор	1	0,97	0,83	1,67	1,56	1,41	1,01	1,35	1,13
	2	0,68		1,45		0,61		0,91	
Оз. Калач	2	0,83	0,83	1,34	1,34	1,55	1,55	1,24	1,24
Озеро б/н в р-не КП №1413	1	0,90	0,76	0,74	0,85	0,64	0,92	0,76	0,84
	2	0,61		0,95		1,19		0,92	
Оз. Окунево	1	0,71	0,71	1,20	1,20	1,41	1,41	1,11	1,11
Оз. Вильент	1	0,71	0,96	1,25	1,04	0,54	0,69	0,83	0,90
	2	1,24		0,82		0,84		0,97	
Озеро б/н, № 4 между КП 2084 и 2091	1	0,84	0,88	1,06	1,32	0,50	0,34	0,80	0,84
	2	0,91		1,57		0,17		0,88	
Озеро б/н, № 3 около КП 2121	1	0,80	0,70	2,28	2,30	1,13	1,33	1,40	1,44
	2	0,59		2,32		1,53		1,48	
Озеро б/н, № 6 около КП 1288	1	0,79	0,94	3,73	5,91	0,00	0,00	1,51	2,28
	2	1,08		8,08		0,00		3,05	
Оз. Матылор (фон)	1	4,08	2,18	1,74	1,48	1,58	1,14	2,47	1,60
	2	0,27		1,21		0,70		0,73	
Озеро б/н, № 6 (фон)	1	0,81	0,76	2,20	1,64	0,57	0,85	1,19	1,08
	2	0,71		1,07		1,13		0,97	
Озеро б/н, № 5 (фон)	1	0,83	0,86	1,67	1,31	1,26	1,22	1,27	1,14
	2	0,89		0,95		1,17		1,00	
Озеро б/н, № 4 в р-не КП №14	1	0,86	1,17	1,04	0,91	1,43	1,46	1,11	1,18
	2	1,47		0,78		1,48		1,24	
Озеро б/н, № 1 в р-не КП №14	1	0,66	0,68	1,02	1,10	0,77	0,80	0,82	0,86
	2	0,69		1,18		0,83		0,90	
Озеро б/н, № 2 в р-не КП №14	1	1,10	1,13	0,60	0,88	1,21	1,19	0,97	1,07
	2	1,16		1,15		1,17		1,16	
Озеро б/н, № 3 в р-не КП №14	1	0,82	1,12	1,28	1,45	1,23	0,85	1,11	1,14
	2	1,41		1,62		0,46		1,16	
Оз. Маляк-Пасольское	1	3,10	3,10	1,76	1,76	0,78	0,78	1,88	1,88
Озеро б/н Поточный ЛУ	1	1,05	1,05	2,37	2,37	0,17	0,17	1,20	1,20
Озеро б/н (фон) в р-не КП-9А	2	0,73	0,73	1,05	1,05	0,63	0,63	0,80	0,80
Озеро б/н (фон) Тевлинско-Русс, м/р	1	1,79	1,32	1,28	1,22	0,38	0,41	1,15	0,98
	2	0,84		1,15		0,44		0,81	
Озеро б/н (загрязненное) Тевлинско-Русс, м/р	1	0,72	0,69	0,89	0,82	0,93	0,55	0,85	0,69
	2	0,66		0,75		0,17		0,53	

Озера с минеральными ДО									
Оз. Гойхлор (фон)	1	1,06	0,77	1,03	0,95	1,15	1,03	1,08	0,91
	2	0,47		0,86		0,90		0,74	
Оз. Песчаное	1	0,68	0,62	0,96	0,99	1,10	1,05	0,91	0,89
	2	0,56		1,02		1,00		0,86	
Оз. Пильтанлор	1	0,96	0,73	1,13	1,06	1,50	1,26	1,20	1,02
	2	0,49		0,98		1,01		0,83	
Оз. Калач	1	2,76	2,76	1,37	1,37	1,35	1,35	1,83	1,83
Оз. Ленинградское	1	0,81	0,81	0,90	0,90	1,21	1,21	0,97	0,97
Озеро б/н, № 2 около КП 2220	1	1,14	1,33	0,70	0,73	1,34	1,32	1,06	1,13
	2	1,51		0,76		1,29		1,19	
Озеро б/н Урьевский ЛУ	1	0,96	0,96	0,99	0,99	0,80	0,80	0,92	0,92
Озеро б/н (грязное) в р-не КП-9А	1	0,39	0,39	0,75	0,75	0,65	0,65	0,60	0,60
Озера со смешанными ДО									
Оз. Окунево	2	0,85	0,85	0,63	0,63	0,87	0,87	0,78	0,78
Оз. Ленинградское	2	0,88	0,88	0,95	0,95	1,33	1,33	1,05	1,05
Оз. Маляк- Пасольское	2	1,08	1,08	1,63	1,63	0,79	0,79	1,17	1,17
Озеро б/н Поточный ЛУ	2	3,87	3,87	0,95	0,95	0,67	0,67	1,83	1,83
Озеро б/н Урьевский ЛУ	2	1,01	1,01	0,70	0,70	0,84	0,84	0,85	0,85
Озеро б/н (фоновое) в р-не КП-9А	1	3,86	3,86	0,94	0,94	0,69	0,69	1,83	1,83
Озеро б/н (грязное) в р-не КП-9А	2	0,39	0,39	0,86	0,86	1,77	1,77	1,01	1,01
Примечание: 1 – литораль; 2 - профундаль									

Данные таблицы 4 свидетельствуют, что угнетающее действие на тест-объекты оказывают ДО озера у КП 1413, Окунево, № 4 между КП 2084-2091, № 1 у КП-14, оз. (грязн.) у КП-9А, б/н Тевлинско-Русскинского ЛУ (грязн.) и оз. б/н Урьевского ЛУ (СИТ – 0,60-0,86). Данные озера с органомогенными ДО, большинство с повышенным и высоким содержанием НП, кроме Окунево и оз. б/н с Урьевского ЛУ.

Вторая группа озера, в которых ДО стимулировали жизнедеятельность тест-объектов (СИТ - 1,24-2,28): у КП 2121, № 3 у КП 1288, Матылор, Маляк-Пасольское, Калач, б/н Поточный ЛУ, у КП-9А (фон), также с органомогенными и смешанными ДО, среди которых есть как фоновые по содержанию НП, так и близкие к фоновым озера.

Третья группа – чистые – слабозагрязненные озера (СИТ – 0,8-1,2). Это водоемы с минеральными ДО – Тойхлор, Песчаное, Пильтанлор, б/н у КП 2220, б/н на территории Тевлинско-Русскинского ЛУ (фон) и др., в большинстве фоновые озера по содержанию НП, хотя в эту группу вошли и несколько загрязненных НП озер – Ленинградское, б/н в р-не Урьевского ЛУ, б/н у КП-9А (грязн.), оз. № 2 у КП-14.

Стимуляция функций живых организмов (плодовитости, скорости деления, численности) является ответом популяции на ухудшающиеся условиях обитания, и может рассматриваться в качестве проявления временной адаптации системы к токсическому фактору.

Показатель СИТ находится в прямой коррелятивной связи с величиной рН, содержанием N/NH_4^+ и NO_2^- ($r = 0,4 - 0,52$, $P < 0,05$) и в отрицательной – с содержанием НП и аренов ($r = - 0,5 - 0,6$). Кроме того этот показатель коррелирует с основными морфофизиологическими группами микроорганизмов – сапрофиты, нитрифицирующие, УМО, анаэробы, спорообразующие ($r = 0,58 - 0,7$, $P < 0,05$).

7 ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

7.1 Методология выявления и количественной оценки воздействий нефти и нефтепродуктов в ДО

Методология по нормированию уровней содержания химических компонентов в ДО поверхностных водных объектов на примере нефти изложена в [29] и содержит методы определения допустимых концентраций нефти и ее компонентов. Документ разработан в соответствии с положениями статей ФЗ «Об охране окружающей среды».

ДОСН_{ДО} – это экологический, но временный норматив, который представляет собой уровень нефтяного загрязнения, при котором экосистема водоема, хотя и не вернется к исходному уровню, но сможет выполнять функции естественного биотического круговорота – самоочищение и создание продукции, в том числе и высшего трофического звена – ихтиофауны.

В основу разработки ДОСНдо, выявления и количественной оценки воздействия нефти заложены эксперименты по лабораторному и натурному моделированию нефтяного загрязнения разной интенсивности, натурные исследования на фоновых и хронически загрязняемых нефтью водных объектах ХМАО с оценкой состояния донной и водной составляющих водной экосистемы (химические показатели воды и донных отложений, в том числе уровень загрязнения нефтепродуктами, бактериальные сообщества, фито-, зоопланктон, макрозообентос). Установлению норматива предшествует определение пороговых нагрузок НП, не вызывающих острого токсического действия на представителей конкретных популяций донных биоценозов. Для определения оптимума состояния экосистемы необходимо располагать показателями ее качества, устанавливаемыми на основе гидрохимических, гидробиологических показателей и результатов токсикологических исследований.

Используя классификацию ДО, опубликованную в [25], в качестве общего критерия разделения ДО по типам было взято содержание ОВ в ДО, определяемое как потери при прокаливании (ППП). К ДО минерального типа были отнесены образцы с ППП менее 10 %, к органогенным – от 60 до 100 %, остальные с ППП от 10 до 60 % - к смешанным.

При разработке норматива ДОСНдо мы использовали критерии:

- *состав экстрагируемого органического вещества ДО*, определенный различными физико-химическими методами;
- *распределение органического вещества по глубине ДО и дну озер*;
- *лабораторное моделирование* поведения нефтяного загрязнения на границе «ДО-вода»;
- *эксперименты с набором бентосных организмов и рыб-бенитофагов*;
- *натурное моделирование* - изучение заселения мезокосмов (с разным содержанием НП) организмами макрозообентоса на чистом водоеме;
- *исследование экосистемы на хронически загрязненных нефтью водных объектах (реки, озера)*, в том числе там, где проводилась очистка ДО;
- *изучение биоты*: видового состава, численности и биомассы для бактериальных сообществ, фито- и зоопланктона, макрозообентоса, структуры сообществ во

всех натурных исследованиях;

- *установление и анализ зависимостей* между показателями с применением статистических методов, коррелятивного и кластерного анализов.

Величина ДОСН должна соответствовать верхней границе диапазона фоновых концентраций нефтепродуктов в ДО каждого типа, определенной для сходных по генезису озер на обследованной территории, и ограничиваться снизу (по шкале г/кг) данными по пороговой концентрации ответных реакций индикаторных тест-объектов (по совокупности). Методология оценки ДОСН учитывает природу воздействия и свойства объекта, учет последних является приоритетным.

7.2. Оценка значимости воздействий остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в ДО

Для оценки значимости воздействий применяются количественные величины. Поскольку величина воздействия в экологических исследованиях не всегда может быть точно выражена, она в этих случаях заменяется балльной оценкой. При этом величина воздействия определяется чаще всего из следующих критериев: масштаб (площадь), продолжительность и интенсивность воздействия; также может приниматься во внимание периодичность, обратимость и вероятность воздействия [30].

При изучении количественных показателей воздействий могут быть использованы характеристики силы воздействия, масштаб (площадь), длительность, интенсивность воздействия; чувствительность, экологическая значимость. Масштаб (площадь) воздействия оценивается, исходя из следующих градаций: *Локальное воздействие* - на отдельных участках водного объекта (вблизи дна); *Местное воздействие* - в пределах всего водного объекта; *Региональное воздействие* - переходит за пределы данного водного объекта.

Длительность воздействия оценивается по градациям: *Кратковременное* *Продолжительное*; *Постоянное (многолетнее)*.

Интенсивность воздействия оценивается по градациям: *незначительное*

воздействие - окружающая среда остается без изменений, параметры не выходят за рамки естественной изменчивости); *умеренное воздействие* - заметные изменения окружающей среды, сохраняется способность к саморегулированию и самовосстановлению; *сильное воздействие* - крупномасштабные необратимые изменения в окружающей среде с перестройкой основных экосистем и/или потерей способности к самовосстановлению.

Чувствительность оценивается по градациям: *Высокая* - реакция выявляется при содержании нефтепродуктов в ДО менее ДОСН; *Средняя* - реакция проявляется при содержании нефтепродуктов в ДО с превышением ДОСН; *Низкая* - реакция отсутствует и при содержании нефтепродуктов в ДО превышающее ДОСН (в изученных диапазонах концентраций).

Значимость компонента окружающей среды оценивалась по градациям: *Высокая* - высокая экологическая и высокая ресурсная значимость; *Значительная* - высокая экологическая значимость; *Средняя* - средняя экологическая значимость. Значимость воздействия - комплексный интегральный показатель, складывающийся из суммы перечисленных (таблица 26).

Таблица 26 – Степень воздействия и критерии оценки значимости воздействия

Категория	Воздействие малой величины	Воздействие средней величины	Воздействие большой величины
Низкий уровень ценности/уязвимости	Малое	Малое	Умеренное
Средний уровень ценности/уязвимости	Малое	Умеренное	Значительное
Высокий уровень ценности/уязвимости	Умеренное	Умеренное (или значительное - при большом масштабе)	Значительное
Значимость воздействия			
Воздействие отсутствует	Воздействие не отличается от фонового/естественного уровня экологических изменений		
Малая значимость	Воздействие малой или средней величины, влияющее на показатели низкого уровня ценности/уязвимости		
Умеренная значимость	Воздействие малой или средней величины, влияющее на показатели среднего уровня ценности/уязвимости, или воздействие большой величины, влияющее на показатели среднего уровня уязвимости		

Высокая значимость	Превышает допустимые пределы и нормы; воздействие большой величины, влияющие на показатели высокого или среднего уровня ценности/уязвимости. Или воздействие средней величины, влияющие на показатели высокого уровня ценности/уязвимости при большом масштабе влияния
--------------------	--

По совокупности исследований нами была предложена классификация уровней загрязнения и степени воздействия на донный биоценоз ДО (таблица 27), уровень ДОСН соответствует умеренной степени загрязнения водоема.

Таблица 27 – Классификация уровней загрязнения ДО компонентами нефти по состоянию бактерио- и макрозообентоса

Балл	Уровень загрязнения (характеристика водоема)	Характеристика состояния донного сообщества
0	Фоновый (чистый)	Не отмечается изменений видового разнообразия и количественных показателей бентического сообщества.
1	Слабое (слабо загрязненный)	Незначительные изменения количественных показателей бентоса (численность, биомасса). Стимуляция численности и биомассы сапрофитных и нефтеокисляющих микроорганизмов, увеличение видового разнообразия и численности хирономид.
2	Умеренное (умеренно загрязненный) \ уровень ДОСН_{до}	Пороговое состояние: выпадение из сообщества чувствительных видов и перестройка в сторону преобладания наиболее устойчивых видов хирономид, олигохет, пик плотности олигохет р. <i>Limnodrilus</i> . Встречаются наиболее устойчивые виды поденок, ручейников, пиявок
3	Сильное (загрязненный)	Область нарастающих изменений: снижение видового разнообразия, замена мелких форм хирономид на крупные устойчивые виды рода <i>Chironomus</i> , массовое развитие олигохет рода <i>Limnodrilus</i> . Снижение количественных показателей, как отдельных групп, так и зообентоса в целом.
4	Экстремальное (грязный)	Резкое обеднение донного сообщества. Пик плотности устойчивых хирономид и олигохет. Выпадение из сообщества чувствительных видов ручейников, поденок, вислокрылок, мокрецов, жуков, слепней, нематод, остракод, пиявок, двустворчатых моллюсков. Стимуляция размножения нефтеокисляющих бактерий и снижение численности сапрофитов
5	Критическое (очень грязный)	Нарушение сообщества по всем структурно-функциональным показателям, резкое снижение количественных показателей, доминирование только устойчивых видов хирономид рода <i>Chironomus</i> , олигохет рода <i>Limnodrilus</i> , снижение численности нефтеокисляющих микроорганизмов

Количественные токсикологические критерии оценки загрязнения ДО озер по реакциям представителей водных растений, донных животных и рыб-бентофагов

рассмотрены в разделе 6.3. При разделении проб ДО по типу (минеральные и органические) диапазоны пороговой концентрации для разных биологических систем приведены в таблице 28 и укладываются в границы надфоновых концентраций НП, что послужило основой при получении проектных величин ДОСН_{ДО}, они выделены жирным шрифтом.

Таблица 28 – Биологические критерии установления ДОСН_{ДО} и величины пороговых концентраций НП

№ п/п	Критерии	Минеральные ДО	Органические ДО
	Лабораторное моделирование выявление зависимости «концентрация-эффект» для: - микроорганизмов (ОМЧ) - сапрофитных и нефтеокисляющих бактерий - функциональн.активность сообществ -макрофиты (укореняющиеся растения) - донные животные - простейшие - гидрохимические показатели, характеризующие самоочищение (О ₂ , рН, БПК, ПО, NH ₄ , NO ₂ , NO ₃)	0,23 0,08 – 4,30 1,25 0,94 – 4,98 0,08 – 0,32 0,80 – 4,75 0,06 – 0,76	- - - 3,0 - 0,3 – 3,0 0,23 – 7,40
2	Натурное моделирование (мезокосмы МК): - колонизация МК организмами макрозообентоса реки: видовой состав, численность и биомасса, структура биоценоза	0,05 – 0,23	-
3	Исследования на хронически загрязненной реке: - видовое разнообразие бентоса, количественные показатели, биоиндикация, биотестирование	0,13 – 0,14	0,3 – 2,0
4	Исследование на 27 озерах ХМАО с минеральными и органическими ДО: - видовое разнообразие, - количественные показатели бактериобентос, фито- и зоопланктон, макрозообентос, биоиндикация и биотестирование	0,19- 0,23	1,1-4,6
Примечание - Жирным шрифтом выделены величины, близкие к проекту ДОСН_{ДО}			

8 ВЫЯВЛЕННЫЕ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ОВОС НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

1. В ходе лабораторных исследований содержания НП в ДО озер использовались пробы, отобранные в течение одного полевого сезона (август-сентябрь 2016 г.), предшествовавшего которому обильный весенний паводок на территории ХМАО-Югры.

2. Отбор гидробиологических проб производился однократно в этот же период, что не позволяет дать полной оценки сообществ как планктона, так и бентоса: первый зависит от сезонной динамики биогенного режима озера, второй – от сроков вылета взрослых насекомых (имаго) и заселения новых генераций.

3. Из-за ограниченного срока и средств, выделенных на проведение исследовательских работ, не изучались площадное загрязнение дна озер, которое имеет «мозаичный» характер, особенно на водоемах, где удалялся загрязненный нефтью слой ДО, и сезонная динамика биоты.

4. Различие величин ДОСН для органогенных ДО, полученных двумя методами контроля – флуориметрией (1 г/кг) и ИК-фотометрией (4 г/кг), в первую очередь, обусловлено неселективностью последнего к природе УВ, присутствующих в экстракте. Поскольку количество эндогенных УВ может нарастать с глубиной отбора пробы ДО вследствие большей степени разложения торфяного субстрата, для контроля рекомендуется использовать сравнение данных с ДОСН только для проб, отобранных дночерпателем с поверхностного слоя ДО (основная область обитания бентоса). При оценке содержания НП в органогенных пробах ДО, отобранных глубже, рекомендуется использовать флуориметрический метод контроля. При спорных вопросах по количественной оценке содержания НП в ДО, требуется использование метода хромато-масс-спектрометрии, способного отдельно количественно определять нефтяные и эндогенные УВ и их доли.

5. Ширина диапазона пороговых концентраций в биологических опытах зависит от устойчивости гидробионтов. При нормировании следует ориентироваться на менее устойчивые организмы, при этом более устойчивые (например, укореняющиеся растения, олигохеты, поли-сапробные хирономиды и др.) выживут при значительном превышении ДОСН_{ДО}. В связи с этим они не могут быть индикаторами **благополучного** состояния экосистемы.

б. Для оценки состояния экосистемы в пострекультивационный период (не менее 3-5 лет) следует ориентироваться на наличие в бентосе представителей следующих крупных таксонов: черви, личинки насекомых, моллюски характерных для фоновых озер таежной зоны Западной Сибири.

9 КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММ МОНИТОРИНГА

9.1 Задачи и объекты мониторинга

В целях обеспечения охраны окружающей среды и дополнительной проверки обоснованности проектируемого норматива необходимо проведение долгосрочного мониторинга экологического состояния окружающей природной среды на водных объектах после осуществления восстановительных работ. Мониторинг водных объектов должен проводиться путем сбора данных об их состоянии, обработки и анализа этих данных, оценки и прогноза развития экологической обстановки, распределения результатов между пользователями и своевременного доведения информации до должностных лиц.

В задачи экологического мониторинга (ЭМ) входит:

- осуществление регулярных и длительных наблюдений за воздействием остаточного содержания нефти в донных отложениях водных объектов на различные компоненты окружающей среды и оценка их изменения;
- анализ и обработка полученных в процессе мониторинга данных;
- контроль за восстановлением и динамикой экологического состояния экосистемы на водном объекте после восстановительных работ.

Полученные результаты используются для контроля за соблюдением соответствия состояния компонентов окружающей среды нормативным требованиям (перечень федеральных и региональных природоохранных документов); разработки и внедрения мер по охране окружающей среды.

Объектами ЭМ являются:

- остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в ДО;
- физико-химические показатели состояния воды и ДО (Приложение А);

- состояние различных групп гидробионтов (макрозообентос и ихтиофауна);
- санитарные и токсикологические показатели.

9.2 Программа проведения мониторинга

Мониторинг водных объектов, в том числе после проведения на них восстановительных работ, который позволит оценить эффективность предлагаемого нормативного значения допустимого остаточного содержания нефтепродуктов в донных отложениях водных объектов, будет проводиться в соответствии с Постановлением Правительства ХМАО-Югры от 23 декабря 2011 г. № 485-п «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Ханты-Мансийского автономного округа-Югры».

Предполагается создание постоянно действующей системы экологического мониторинга. На основе наблюдений будет формироваться информационная база данных для количественной оценки и прогноза состояния водных объектов ХМАО.

Планируется организация наблюдательной сети, в которую войдут пункты контроля: специальным образом оборудованные площадки, предназначенные для периодического отбора проб, проведения наблюдений за водным объектом. Наблюдательная сеть будет организована с учетом гидрологических и гидрохимических особенностей водных объектов.

Планируется комплекс технических и программных средств, предназначенных для сбора и первичной обработки данных об экологических параметрах контролируемых компонентов природной среды, приборы и оборудование. В планах и программе мониторинга также приводятся параметры, подлежащие измерению; указывается место проведения контроля и периодичность контроля; указывается методическая и нормативная документация, на основании которой выполняются замеры; приводятся пороговые значения, по которым проводится оценка соответ-

ствия экологическим требованиям. В состав планов мониторинга входит картографический материал с указанием сети наблюдательных точек, мест отбора проб.

Мониторинг будет согласовываться со специально уполномоченными государственными органами в области экологического и санитарно-гигиенического надзора. Наблюдения будут осуществляться в соответствии с требованиями законодательства, предъявляемыми к такого рода исследованиям.

10 ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЛАГАЕМОГО ВАРИАНТА ДОСН_{ДО}

1. *Верхняя граница диапазона фоновых концентраций НП* в ДО 90-95% озер ХМАО, найденных с использованием двух методов анализа, согласуется с величиной ДОСН для минеральных ДО (0,2 г/кг) и органогенных ДО (1 г/кг для флуориметрического и 4 г/кг для ИК-фотометрического методов контроля)

Метод контроля НП	Минеральные ДО	Органогенные ДО
ИК-фотометрия	0,06 - 0,20 г/кг	1,8 - 4,1 г/кг
Флуориметрия	0,02 - 0,10 г/кг	0,4 - 1,0 г/кг

Различия в верхних границах фоновых концентраций для минеральных ДО с использованием разных методов контроля при установлении ДОСН становятся не существенны после анализа данных биотестирования, лимитирующих величину ДОСН нижним значением 0,2 г/кг (п.3 и 4 этого раздела). Малое содержание эндогенных УВ в минеральных ДО делает определение НП обоими методами одинаковым в пределах погрешности анализа (20-25 %)

2. Результаты лабораторных экспериментов по исследованию *миграции НП на границе «ДО-вода» и оценке удерживающей способности ДО разных типов по отношению к НП* показал, что нефтяные загрязнения *органогенного субстрата до 1 г/кг* (флуориметрический норматив ДОСН) *гидрофобно и безопасно связываются с гуминовой матрицей*. Средний фоновый уровень аналитически определяемой суммы УВ (включая эндогенные) в органогенных ДО методами ИК-фотометрии составляет 3,1 г/кг, маскируя присутствие нефтяных УВ.

3. Изучение *пороговых границ изменения биологических характеристик бентоса* в совокупности дают следующие оценки ДОСН:

Метод контроля НП	Минеральные ДО	Органогенные ДО
ИК-фотометрия	0,25 г/кг	5,0 г/кг
Флуориметрия	0,20 г/кг	1,0 г/кг.

Изменение таксономического разнообразия макрозообентоса в ДО озер является индикатором негативного влияния ОС, а пороговые границы концентраций должны соответствовать величинам ДОСН_{ДО}. В (Приложение Д, таблицы Д 1 – Д 4) показано изменение таксономического разнообразия бентоса в ДО минерального и органогенного типов в разных поддиапазонах содержания НП. Для минеральных ДО значительное снижение таксономического разнообразия отмечается при превышении норматива 0,2 г/кг, для органогенных ДО свыше 1 г/кг при флуориметрическом контроле (Приложение Д, таблица Д 3) и более 5 г/кг (при нормативе 4 г/кг) для ИК-фотометрических измерений суммы УВ (Приложение Д, таблица Д 4).

По данным лабораторного моделирования величина 5,0 г/кг – граница летальности. В озерах с минеральными ДО видовой состав макрозообентоса мало изменяется до норматива ДОСН **0,2 г/кг**, при дальнейшем повышении концентрации из 30 определенных в озерах видов выпадает 23-26 и остаются самые устойчивые виды (меза-поли-сапробы) – личинки хирономид *Cryptochironomus defectus*, *Polypedilum scalaenum*, *Procladius choreus*, а также олигохеты рода *Limnodrilus* и устойчивые двустворчатые моллюски.

В озерах с органогенными ДО из 46 видов и таксонов 36-38 выдерживают загрязнение НП до верхних границ норматива, но с их превышением остается всего 9 наиболее устойчивых видов: хирономиды - *Chironomus dorsalis*, *Chironomus cingulatus*, *Pagastiella orophila*, *Procladius choreus*, *Telmatopelopia nemorum*, личинки стрекоз *Leucorrhinia rubicunda*, олигохеты, хабориды. Общим в этих списках для двух типов ДО являются поли-сапробы – олигохеты и личинки хирономид *Procladius choreus*. Наглядно зависимость таксономического разнообразия от содержания в ДО компонентов нефти демонстрируют рисунки 13-15, в случае превышения ДОСН количество таксонов достоверно уменьшается.

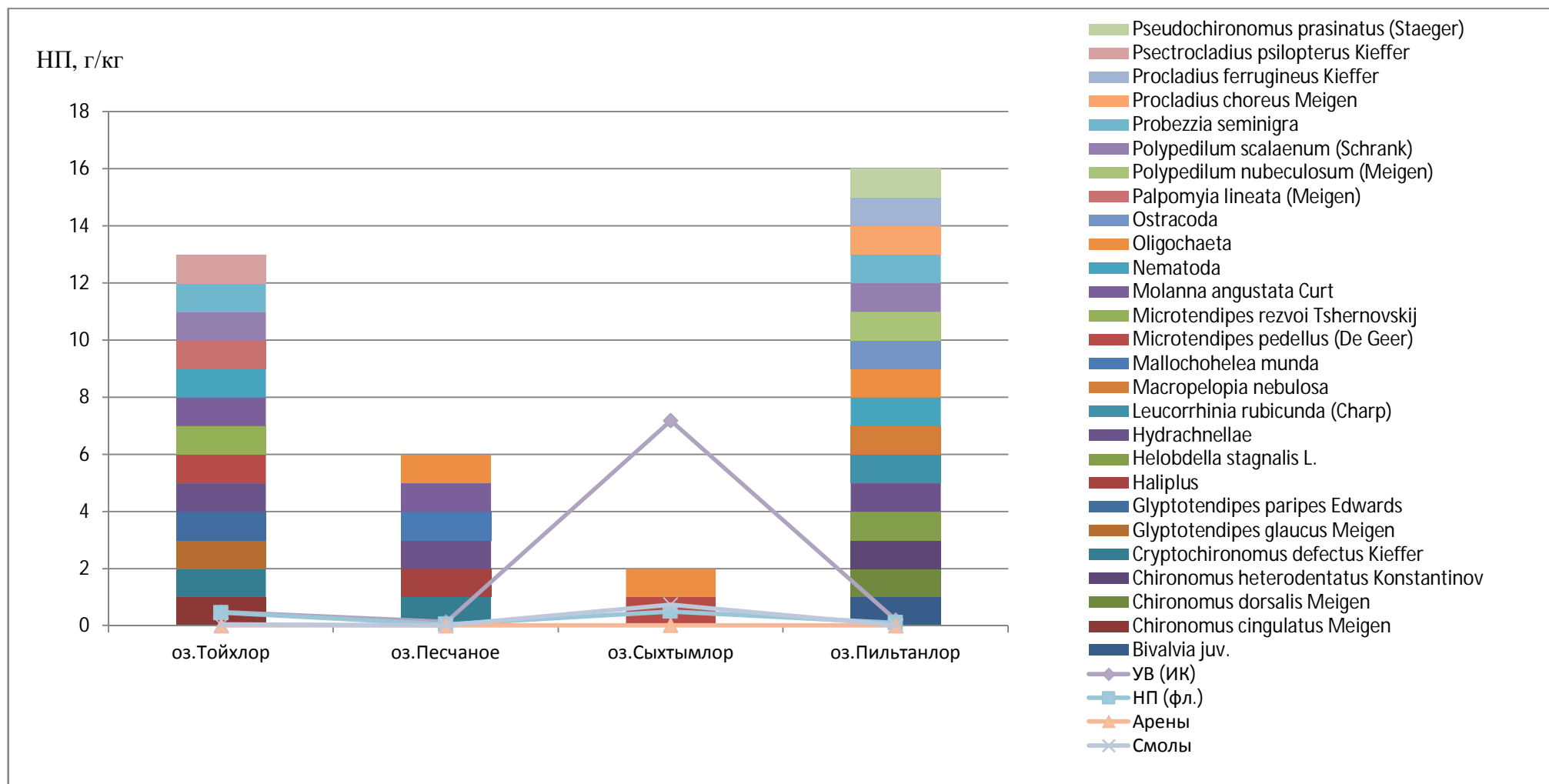


Рисунок 13 – Таксономический состав макрозообентоса в ДО озер на территории АО «Сургутнефтегаз»: для оз. Тойхлор, Песчаное и Пильтанлор содержание МП не превышает ДОСН, для Сыхтымлор превышение ДОСН 4 г/кг (ИК-фотометрический метод контроля). Линиями указано содержание МП, аренов и смол, в столбиках – состав бентоса

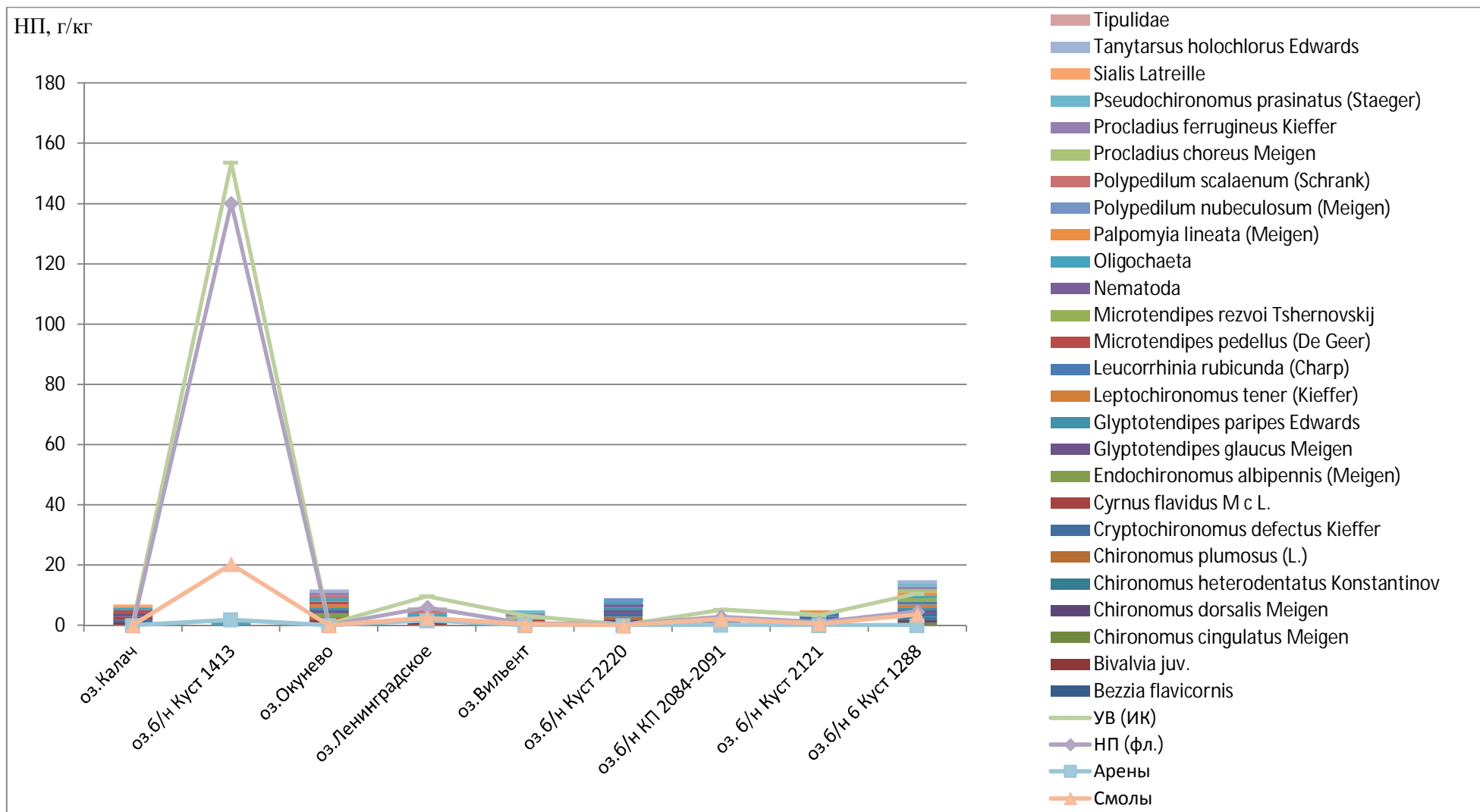


Рисунок 14 – Таксономический состав макрозообентоса в озерах на территории АО «Самотлорнефтегаз». Содержание в ДО НП (усредненное по литоральной и профундальной пробе, флуориметрический метод контроля): 0, 13 г/кг в ДО оз. Окунево (менее ДОСН); 0.19 г/кг в ДО оз. б/н, КП 2220 (на уровне ДОСН 0.2 г/кг); 140 г/кг в ДО оз. б/н у КП 1413 (превышение ДОСН в 700 раз). Линиями указано содержание УВ (двумя методами), аренов и смол, в столбиках – состав бентоса

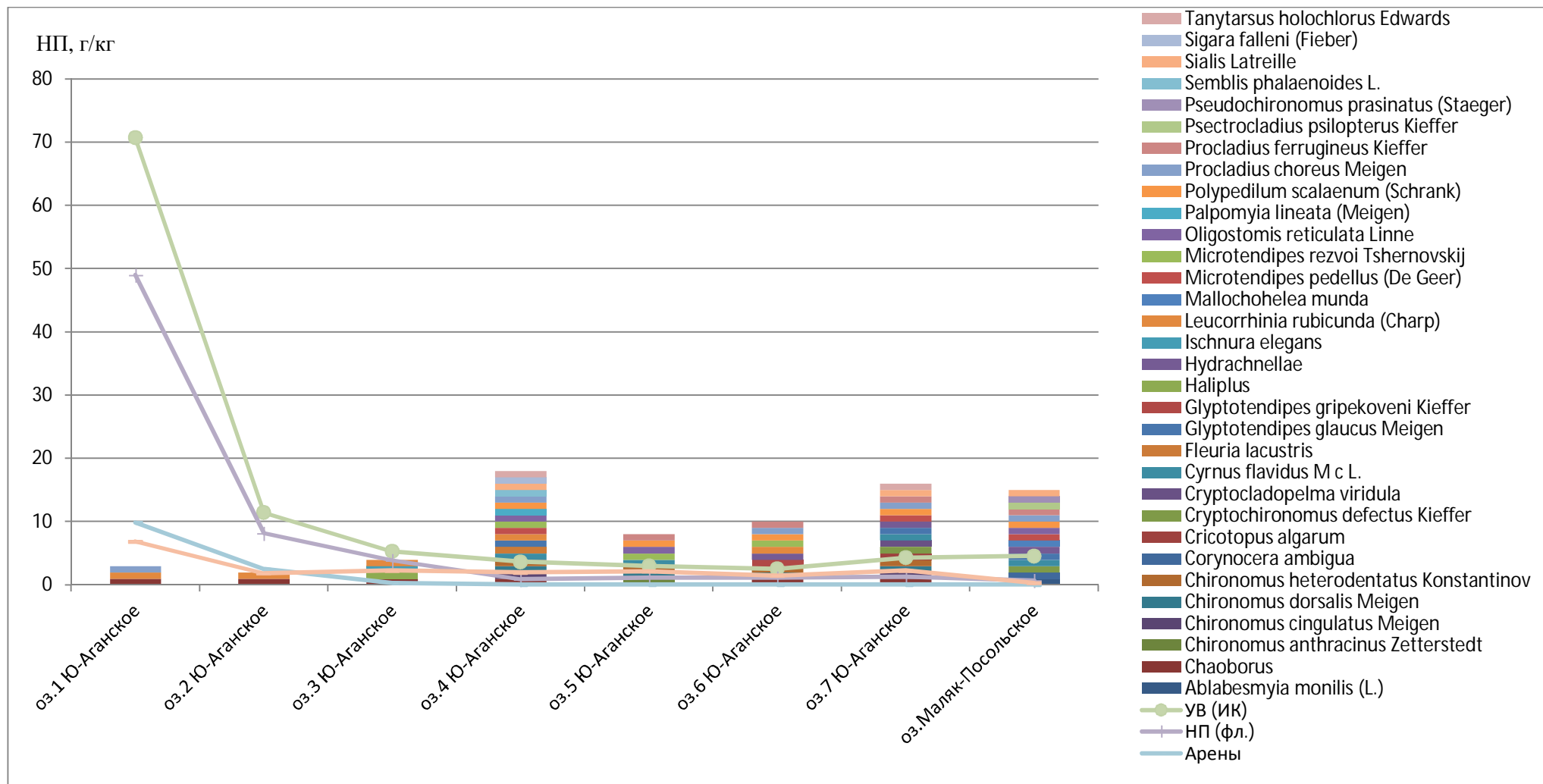


Рисунок 15 – Таксономический состав макрозообентоса в озерах с органогенными ДО на территории Южно-Аганского ЛУ, ОАО «Славнефть-Мегионнефтегаз». Содержание в ДО НП (усредненное по литоральной и профундальной пробе, ИК-фотометрический метод контроля) в озерах 1-3 превышает ДОСН (4 г/кг), в остальных пробах ДО – на уровне или менее ДОСН. Линиями указано содержание UV (двумя методами) и арен, в столбиках – состав бентоса

Особенно наглядно просматриваются эти различия для близких по генезису озер. Полиномиальная зависимость между количественными показателями макрозообентоса и содержанием НП в минеральных ДО (рисунок 16) явно показывает переход от недействующих к стимулирующим (пороговым) концентрациям НП –0,19–0,23 г/кг (ДОСН 0,2 г/кг) и далее к угнетающим при превышении ДОСН. Для органических ДО, где действует множество факторов, в том числе и количество выделяемых в водную среду торфяных продуктов распада, явной зависимости не отмечается.

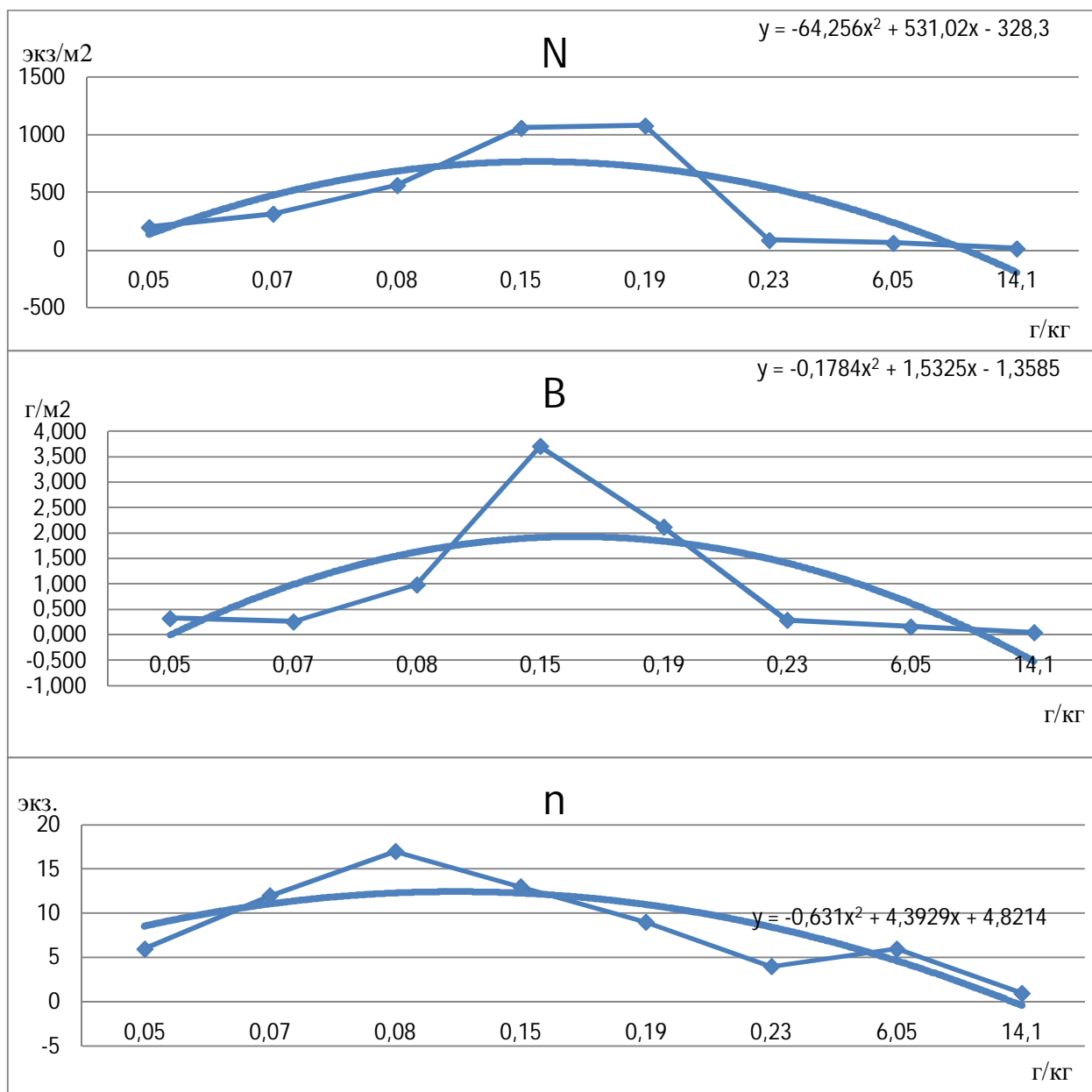


Рисунок 16 – Зависимость таксономического состава (n), численности (N) и биомассы (B) макрозообентоса от содержания НП в минеральных ДО

4. Лабораторные эксперименты, натурное моделирование и исследования на хронически загрязненной нефтью реке показали, что **пороговые (минимально действующие) концентрации НП в минеральных ДО** находятся в диапазоне 0,05-0,24 г/кг, верхняя граница которого **практически совпадает с предлагаемой величиной ДОСН (0,2 г/кг)**, с учетом 25% погрешности измерения НП аналитическими методами (ИК-фотометрически и флуориметрически). Пограничная концентрация НП для макрофитов и простейших составляет 0,30 г/кг, для моллюсков, личинок насекомых и ракообразных от 0,10 до 0,15 г/кг.

5. **Содержание НП в изученных 27 озерах** (усредненное по литоральной и профундальной пробе, если они относятся к одному типу ДО), в соответствии с предлагаемым нормативом ДОСН для каждого типа ДО, хорошо согласуется с разделением озер на «фоновые и слабозагрязненные» и «загрязненные» (таблица 29 и 30).

Таблица 29 - Разделение озер с минеральными ДО в зависимости от содержания УВ (г/кг), для двух методов контроля

Озеро	Превышает ДОСН		Не превышает ДОСН	
	Флуориметрия	ИК-фотометрия	Флуориметрия	ИК-фотометрия
Оз. Песчаное* Быстринский ЛУ			0,05	0,13
Оз. Пильтанлор* Федоровский ЛУ		0,21	0,08	
Оз. б/н у КП 2220 Самотлорский ЛУ		0,23	0,19	
Озеро б/н ст.1 Урьевский ЛУ		0,41	0,07	
Оз. Тойхлор Западно-Сургутский ЛУ		0,48	0,15	
Оз. Калач, ст.1 Самотлорский ЛУ	0,23	0,40		
Оз. Ленинградское Самотлорский ЛУ	6,05	9,75		
Оз. б/н КП 9а загр., ст.1 Нонг-Еганский ЛУ	14,1	16,1		
Примечание: * - озера, которые можно считать фоновыми и слабозагрязненными				

Таблица 30 – Разделение озер с органогенными ДО в зависимости от содержания УВ (г/кг), для двух методов контроля

Озеро	Превышает ДОСН		Не превышает ДОСН	
	Флуориметрия	ИК-фотометрия	Флуориметрия	ИК-фотометрия
Оз. Калач ст2* Самотлорский ЛУ			0,38	2,32
Оз. Окунево* Самотлорский ЛУ			0,47	2,36
Оз. Вильент* Самотлорский ЛУ			0,61	3,19
Оз. б/н КП 2121* Самотлорский ЛУ			1,00	3,39
Оз. №6* Южно-Аганский ЛУ	1,10			2,53
Оз. №5* Южно-Аганский ЛУ	1,12			2,98
Оз. №4 Южно-Аганский ЛУ			0,86	3,65
Оз. б/н чист* Тевлинско-Русскинской ЛУ			1,00	3,41
Оз. б/н Урьевский ЛУ, ст.2*			0,27	1,68
Оз. Маляк-Пасольское* Северо-Покурский ЛУ		4,55	0,68	
Оз. б/н КП 9а, чист. Нонг-Еганский ЛУ		5,00	0,76	
Оз. №7 Южно-Аганский ЛУ	1,27	4,31		
Оз. Сыхтымлор Северо-Юрьевский ЛУ		7,18	0,50	
Оз. б/н Поточный ЛУ	2,61	4,41		
Оз. б/н КП2084, 2091 Самотлорский ЛУ	2,79	5,22		
Оз. Матылор вне зоны техногенного воздействия	1,82	5,05		
Оз. б/н, загр. Тевлинско- Русскинской ЛУ	2,48	5,24		
Оз. б/н №3 Южно-Аганский ЛУ	3,88	5,28		

Продолжение таблицы 30				
Оз. б/н КП1288 Самотлорский ЛУ	4,56	10,7		
Оз. №2 Южно-Аганский ЛУ	8,15	11,5		
Оз. №1 Южно-Аганский ЛУ	49,0	70,8		
Оз. б/н КП9а,загр.,ст2 Нонг-Еганский ЛУ	54,3	66,7		
Оз. б/н КП1413 Самотлорский ЛУ	140	199		
Примечание * - озера, которые можно считать фоновыми и слабозагрязненными				

6. Для **органогенных ДО** следует учесть обстоятельство, что содержание экстрагируемых органических веществ часто увеличивается с глубиной отбора пробы и степенью разложения органогенной матрицы, что приводит к увеличению показателей содержания ОВ, определяемых «как нефтепродукты». Поэтому установленный **норматив корректно применять к поверхностным (дночерпательным) пробам**, для которых было проведено наибольшее количество испытаний (место локализации большинства бентосных организмов). При этом **допустимым остаточным содержанием нефти и нефтепродуктов** рекомендуем считать величину **1,0 г/кг**, что **соответствует флуориметрическому методу контроля**, измеряющему количество НП близко к фактическому. При применении метода **ИК-фотометрии**, как мониторингового, следует учесть присутствие неотделяемых аналитически эндогенных УВ в пробе органогенных ДО озер, поэтому, ориентируясь на верхнюю границу фоновых уровней, в качестве ДОСН следует использовать величину **4,0 г/кг**.

При спорных вопросах по количественной оценке содержания НП в органогенных ДО, требуется использование методов хромато-масс-спектрометрии, способных отдельно количественно определять нефтяные и эндогенные УВ и их доли.

7. Предложенный нами **норматив ДОСН**, найденный для органогенных ДО при флуориметрическом методе контроля, **количественно согласуется с ранее сделанными аналогичными оценками** [18] и найденной величиной 0,9 г/кг для всех ДО, без дифференциации по типу ДО и методу измерения.

По результатам совокупного анализа материалов п.1-7 данного раздела, величина дифференцированного норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в ДО различных типов при двух методах аналитических контроля, составляет

Тип ДО	ППП, %	Метод контроля суммы УВ (НП)	ДОСН _{до} , г/кг
<i>Минеральные</i>	0 – 10	ИК-фотометрия или флуориметрия	0,2
<i>Органогенные</i>	60-100	ИК-фотометрия	4,0
		Флуориметрия	1,0
<i>Смешанные</i>	10 – 60	ИК-фотометрия	0,076хППП – 0,56
		Флуориметрия	0,016хППП + 0,04

Для отнесения ДО к определенному типу и расчету величины ДОСН для ДО смешанного типа необходимо измерение ППП (%) пробы, в соответствии с ГОСТ 26213-91 (п.2).

Методика и средства отбора проб ДО определяется характером, свойствами ДО и целью отбора проб в соответствии с ГОСТ 17.1.5.01-80, РД 52.24.609-2013 и ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03.

11 НЕТЕХНИЧЕСКОЕ РЕЗЮМЕ

Из рассмотренных альтернативных вариантов величины экологического норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях озер ХМАО-Югры, разрабатываемых с целью контроля качества проведения восстановительных работ, предложенный в настоящей работе дифференцированный норматив ДОСН_{ДО} является наиболее адаптированным к региональным особенностям. Он установлен с учетом региональных абиотических (фоновых) показателей состояния водоемов, чьи экосистемы соответствуют критериям экологического благополучия (нормальное воспроизводство основных звеньев экосистемы).

От других аналогичных разработок предложенный норматив качественно отличается дифференциация по:

1. Типу донных отложений (минеральные, органогенные и смешанные);
2. Селективности по отношению к НП широко используемых в практике аналитических методов (ИК-фотометрия и флуориметрия).

Нулевой вариант (отказ от разработки норматива) не может быть принят, поскольку в условиях отсутствия законодательно определенных критериев допустимого остаточного загрязнения ДО после рекультивации водных объектов невозможно оценить качество проведенных восстановительных мероприятий, осуществляемых субъектами хозяйственной деятельности. В результате прогрессирующее загрязнение водоемов нефтью и нефтепромысловыми водами в зонах интенсивной нефтедобычи ведет не только к их неизбежной деградации. Вследствие длительного процесса самоочищения ДО водоемов, особенно в зоне экстремальных климатических условий, рассчитывать на их экологическую реабилитацию в обозримые сроки не приходится.

Предлагаемый нами норматив ДОСН для органогенных ДО (1,0 г/кг, флуориметрический метод контроля) согласуется с аналогичной величиной (0,9 г/кг), предложенной АНО «Экотера» без какой-либо дифференциации по типам ДО, что делает последний непригодным к практическому использованию.

Поскольку результирующая величина норматива нами была получена на основе анализа большой совокупности экспериментальных данных (лабораторных ана-

литических измерений состава проб воды и ДО, с определением границ фоновых содержаний НП; результатов экспериментов с элементами моделирования водных биоценозов, натурального моделирования, данных по биотестированию и биоиндикации – см. раздел 10), найденные значения ДОСН_{ДО} для минеральных грунтов **0,2 г/кг** и органогенных грунтов **1,0 г/кг** могут считаться универсальными для оценки состояния ДО озерных водоемов, а для смешанных ДО рассчитываться по формуле (или графической номограмме). Такое количество нефти и нефтепродуктов гидрофобно и еще безопасно удерживается на границе «ДО-вода», вызывая сублетальные (компенсируемые) эффекты в биоценозе дна. Однако с его превышением наступают критические нарушения в биотическом сообществе: начинается гибель наиболее чувствительных беспозвоночных (веснянки, поденки, ручейники, молодь моллюсков, ракообразные), эмбрионов и личинок рыб, упрощаются бентосные сообщества, вплоть до 2-5 наиболее устойчивых представителей (некоторые виды олигохет, хирономид и моллюсков).

Указанные величины, являясь универсальными, могут контролироваться с помощью аналитических методов и инструментальных средств, селективных по отношению к нефтепродуктам (флуориметрия, газо-жидкостная хроматография, хромато-масс-спектрометрия и др.), которыми располагает лаборатория. Специально полученная величина ДОСН для органогенных грунтов при использовании широко распространенного метода ИК-фотометрии (**4,0 г/кг**) учитывает его неселективность к генезису УВ: среднее фоновое содержание УВ в озерных ДО (3,1 г/кг), суммированное с нормативом НП для таких грунтов (1,0 г/кг), обуславливает величину 4,1 г/кг, или верхнюю границу фоновых концентраций НП, которая явилась одним из наиболее важных критериальных факторов при установлении ДОСН_{ДО} (раздел 10, п.1). Следует отметить, что любой аналитический метод имеет заявленный интервал погрешности определения НП (для ИК-фотометрии и флуориметрии – от 20 до 25%), а это несколько расширяет и «смягчает» точные границы ДОСН_{ДО}.

Поскольку экспериментальные результаты по установлению ДОСН_{ДО} были, в основном, получены на исследовании дночерпательных проб, этот способ отбора проб рекомендуется для контроля с использованием предлагаемого норматива. В

более глубинных пробах в органогенных ДО могут быть определены величины, превышающие найденный норматив для ИК-фотометрии, в первую очередь, по причине нарастания содержания ОВ в экстрактах из деструктурированной торфяной матрицы, но не связанного с количеством нефтяных загрязнений (на это указывает % массового содержания УВ по отношению к извлекаемому органическому веществу). В этом случае, а также в случае возникновения споров следует отобрать пробы трубчатым пробоотборником для оценки глубины проникновения нефти, а в качестве альтернативного, следует применить метод, селективный к НП (один из указанных выше).

Для альтернативного варианта ДОСН, предложенного в 2012 г. АНО «Экотерра», при суммировании величины 0,9 г/кг со средней фоновой концентрацией НП в органогенных ДО (3,1 г/кг, метод контроля ИК-фотометрия) получается результирующая величина 4,0 г/кг, предложенная в качестве ДОСН нами. Величина ПДУ_{ДО} = **0,02 г/кг**, установленная для **песчано-илистых ДО водотоков** не может использоваться для озер, в которых фоновое содержание НП в 10 раз выше.

Большая часть работы посвящена методам биологического контроля за состоянием ДО озер, при обосновании величины норматива содержания нефти в ДО были использованы современные методы лабораторного и натурного моделирования, методы вариационной статистики, коррелятивный и кластерный анализы.

Анализ литературных данных и собственных материалов мониторинга состояния вод, растительного и животного мира водоемов ХМАО-Югры, позволяет получить объективную и достоверную характеристику состояния фоновых и загрязненных объектов, различающихся содержанием нефти в ДО. Установлено следующее:

1. Водные объекты с содержанием НП в органогенных ДО 1 г/кг и 0,2 г/кг в минеральных, не отличаются от условно чистых водоемов, где содержание НП в ДО не превышает средние фоновые значения (0,95 г/кг для органогенных и 0,05 г/кг для минеральных ДО при флуориметрическом методе контроля). Содержание растворенных нефтепродуктов в воде не коррелирует с их количеством в ДО, а зависит от растворимости НУВ (определяется совокупностью физических и химических фак-

торов); при любом содержании НП в ДО, содержание в воде может быть на уровне современного фона 0,05 – 0,10 мг/дм³.

2. Содержание НП в ДО на уровне ДОСН_{ДО} и выше не влияет на состояние планктона (структура и количественные показатели). Показатели бактерио-, фито- и зоопланктона статистически достоверно коррелируют с содержанием в воде и ДО биогенов (минеральных форм азота, фосфора), сульфатов, общего железа, органических веществ, но не коррелирует с содержанием НП.

3. В связи со стабилизацией концентрации НП в воде (за счет низкого предела растворимости), планктонные (короткоживущие) популяции быстро адаптируются как на уровне физиологической приспособляемости, так и генетического отбора устойчивых форм. Поэтому планктон не может быть объективным критерием уровня загрязненности ДО и оценки эффективности восстановительных работ. Нарушенные во время рекультивации водоема планктонные сообщества нормализуются через 1-1,5 года, о чем свидетельствуют 3-летние наблюдения на восстанавливаемых озерах № 1 – 3 Южно-Аганского ЛУ [31].

4. Наиболее адекватным показателем влияния НП в ДО на экосистему водного объекта на уровне норматива ДОСН и выше, является состояние бентоценоза (видовое разнообразие, количественные показатели); суммарный индекс токсичности (СИТ), биоиндикационные показатели (интегральный индекс), которые коррелируют между собой и с содержанием НП в ДО (отрицательная зависимость).

5. По наблюдениям АНО «Экотерра» содержание НП в ДО 0,9 г/кг (близкое к предложенной нами величине ДОСН 1.0 г/кг) не вызывает никаких внешних патологических изменений состояния рыб (ни поверхностных покровов, ни внутренних органов); их морфологии, структуры популяций, не влияют на смертность, не оказывают токсического действия. В водоемах, где содержание НП в ДО превышает 1 г/кг, по данным АНО «Экотерра» наблюдаются отдельные случаи патологии развития рыб: изменения окраски, язвы на коже, экзофтальмия, изменение формы и окраски печени, гиперемия различных органов, наличие в полости тела экссудата и др. Летальные и сублетальные токсические эффекты проявляются при концентрациях нефти в ДО, многократно превышающих ДОСН.

б. Оценка значимости влияния разного остаточного содержания нефти в ДО на свойства вод и состояние гидробионтов, основанная на учете величины фактора воздействия и уязвимости объекта, свидетельствует, что в условиях соблюдения предлагаемого норматива значимые воздействия на окружающую природную среду отсутствуют. При более высоких уровнях загрязнение ДО негативно влияет на свойства воды, бентос и ихтиофауну, при этом значимость остаточных воздействий оценивается на уровне от малой до критической.

Таким образом, на основании проведенной оценки воздействия содержания нефти и нефтепродуктов в ДО на абиотические и биотические компоненты окружающей природной среды **установлено, что в условиях соблюдения предлагаемого норматива ДОН_{до} отсутствует негативное влияние нефтезагрязнения на окружающую среду.** Внедрение предлагаемого норматива позволит улучшить качество проведения рекультивационных работ на водных объектах ХМАО-Югры и, тем самым, снизить техногенную нагрузку на окружающую среду.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ

1. Водный кодекс Российской Федерации от 03.06.2006 N 74-ФЗ (ред. от 31.10.2016).
2. Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти)». М. 2002.
3. ГОСТ 17.1.2.04-77 Показатели состояния и правила таксации рыбохозяйственных водных объектов.
4. ГОСТ 17.1.3.07-82 Охрана природы. Гидросфера. Правила контроля качества воды водоемов и водотоков.
5. ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.
6. ГОСТ 17.1.5.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб донных отложений водных объектов для анализа на загрязненность.
7. ГОСТ 17.1.5.04-81 Охрана природы. Гидросфера. Приборы и устройства для отбора, первичной обработки и хранения проб природных вод. Общие технические условия.
8. ГОСТ 17.1.5.05-85 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод, льда и атмосферных осадков.
9. ГОСТ 26213-91 (п. 2) Почвы. Методы определения органического вещества.
10. ГОСТ 26423-85 Почвы. Методы определения удельной электропроводности, рН и плотного остатка водной вытяжки.
11. ГОСТ 26425-85 (п. 1) Почвы. Методы определения хлорид-ионов в водной вытяжке.
12. ГОСТ 26426-85 (п. 1) Почвы. Методы определения сульфат-ионов в водной вытяжке.
13. ГОСТ 26483-85 Почвы. Определение рН солевой вытяжки, кислотности, обменных катионов, содержания нитратов, обменного аммония и подвижной серы методами ЦИНАО.

14. ГОСТ 26489-85 Почвы. Определение обменного аммония по методу ЦИНАО.
15. ГОСТ 26951-86 Почвы. Определения нитратов ионометрическим методом.
16. ГОСТ 27784-88 Метод определения зольности торфяных и оторфованных горизонтов почв.
17. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб.
18. ГОСТ Р 54650-2011 Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНА. (вместо ГОСТ 26207-91(п.3)).
19. ГОСТ Р 8.589-2001 Контроль загрязнения окружающей среды. Метрологическое обеспечение. Основные положения.
20. Закон Российской Федерации "Об охране окружающей среды" от 10.01.02 г. № 7-ФЗ.
21. Закон Российской Федерации "Об экологической экспертизе" от 23.11.95 г. № 174-ФЗ (в ред. в ред. Федеральных законов 1998-2011 гг.).
22. Инструкция по экологическому обоснованию хозяйственной и иной деятельности (Приложение к приказу Минприроды России от 29 декабря 1995 года 539).
23. Методические указания по инженерно - геологическому обследованию болот при изысканиях автомобильных и железных дорог, Москва 1973. 43 с.
24. ПНД Ф 14.1: 2.98-97 (Издание 2004 г.) Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. Свидетельство № 223.1.01.02.104/2008 г.
25. ПНД Ф 12.1:2:2.2:2.3:3.2-03 Методические рекомендации. Отбор проб почв, грунтов, донных отложений, илов, осадков сточных вод, шламов промышленных сточных вод, отходов производства и потребления (утв. ФБУ "ФЦАО", ООО НТФ "Хромос" 01.08.2014).
26. ПНД Ф 14.1: 2.96-97 (Издание 2004 г.) Методика выполнения измерений содержания хлоридов в пробах природных и очищенных сточных вод argentометрическим методом. Свидетельство № 223.1.01.02.106/2008 г.

27. ПНД Ф 14.1: 2:3:4.123-97 (Издание 2004 г.) Методика выполнения измерений биохимической потребности в кислороде после n-дней инкубации (БПК_{полн}) в поверхностных пресных, подземных (грунтовых), питьевых, сточных и очищенных сточных водах.

28. ПНД Ф 14.1: 2:4.154-99 (Издание 2012 г.) Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом.

29. ПНД Ф 14.1: 2:4.262-10 (Издание 2010 г.) Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера.

30. ПНД Ф 14.1: 2:4.3-95 (Издание 2011 г.) Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрит - ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Грисса.

31. ПНД Ф 14.1: 2:4.4-95 (Издание 2011 г.) Методика выполнений измерений массовой концентрации нитрат - ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой.

32. ПНД Ф 14.1: 2:4.50-96 (Издание 2011 г.) Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой.

33. ПНД Ф 14.1: 2:4.5-95 (Издание 2011 г.) Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в природных и сточных водах методом ИК-спектрометрии.

34. ПНД Ф 16.1:2.2.22-98 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в почвах и донных отложениях методом ИК – спектрометрии. М., 2005.

35. ПНД Ф 16.1:2.21-98 Методика выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов флуориметрическим методом с использованием анализатора жидкости “Флюорат-02”./ НПФ “Люмэкс”. – 2007. - 21 с.

36. ПНД Ф 16.1.38-02 Методика определения нефтепродуктов в пробах почвы с помощью капиллярной газо-жидкостной хроматографии для выявления нефте-

продуктов техногенного происхождения. М. 2002.

37. Положение об оценке воздействия на окружающую среду. 2002. (Приложение к приказу Госкомэкологии от 16 мая 2000 г. № 372).

38. Постановление об утверждении регионального норматива “Предельно допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории Ханты-Мансийского автономного округа Югры”. № 441-п. Ханты-Мансийск, 2004.

39. Постановление Правительства ХМАО-Югры от 10 декабря 2004 г. № 466-п «Об утверждении регионального норматива «Допустимое остаточное содержание нефти и нефтепродуктов в почвах после проведения рекультивационных и иных восстановительных работ на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры».

40. Постановление Правительства ХМАО-Югры от 23.12.2011 № 485-п (ред. от 21.03.2014) «О системе наблюдения за состоянием окружающей среды в границах лицензионных участков на право пользования недрами с целью добычи нефти и газа на территории Ханты-Мансийского автономного округа – Югры и признании утратившими силу некоторых постановлений Правительства Ханты-Мансийского автономного округа – Югры».

41. Приказ Госкомэкологии РФ от 16 мая 2000 г. № 372 «Об утверждении Положения об оценке воздействия намечаемой хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду в Российской Федерации».

42. Приказ МПР РФ от 12 декабря 2007 г. № 328 «Об утверждении методических указаний по разработке нормативов допустимого воздействия на водные объекты».

43. Приказ МПР РФ от 24.02.2014 № 112 «Об утверждении Методический указаний по осуществлению государственного мониторинга водных объектов в части организации и проведения наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных объектов (Зарегистрировано в Минюсте России 18.07.2014 № 33149).

44. Приказ Росрыболовства от 18.01.2010 № 20 "Об утверждении нормативов

качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения».

45. РД 52.18.647-2003 Методические указания. Определение массовой доли нефтепродуктов в почвах. Методика выполнения измерений гравиметрическим методом (утв. Росгидрометом 18.03.2003).

46. РД 52.24.380-2006 Массовая концентрация нитратов в водах. Методика выполнения измерений фотометрическим методом с реактивом Грисса после восстановления в кадмиевом редуторе.

47. РД 52.24.403-2007 Массовая концентрация кальция в водах. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б.

48. РД 52.24.405-2005 Массовая концентрация сульфатов в водах. Методика выполнения измерений турбидиметрическим методом.

49. РД 52.24.468-2005 Взвешенные вещества и общее содержание примесей в водах, методика выполнения измерений массовой концентрации гравиметрическим методом.

50. РД 52.24.493-2006 Массовая концентрация гидрокарбонатов и величина щелочности поверхностных вод суши и очищенных сточных вод. Методика выполнения измерений титриметрическим методом.

51. РД 52.24.495-2005 Водородный показатель и удельная электрическая проводимость вод. Методика выполнения измерений электрометрическим методом.

52. РД 52.24.497-2005 Цветность поверхностных вод суши. Методика выполнения измерений фотометрическим и визуальным методом.

53. РД 52.24.505-2010 Массовая доля нефтяных компонентов в донных отложениях. Методика выполнения измерений с идентификацией их состава и происхождения ИК-фотометрическим, люминесцентным и газохроматографическим методами. – М: Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, 2010.

54. РД 52.24.609-2013 Руководящий документ. Организация и проведение наблюдений за содержанием загрязняющих веществ в донных отложениях водных

объектов (утв. Росгидрометом 07.08.2013)

55. ФР.1.31.2013.13829 Методика выполнения измерений содержания нефтепродуктов и n-алканов (C-12 – C-29, пристана, фитана) в природных и сточных водах, почвах, донных отложениях методом хромато-масс-спектрометрии. МВИ ЛАЭ 06/05. Свидетельство ФГУП УНИМ №222.0179/ 01.00258/2012.

56. ФР. 1.39. 2007.03221 Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости цериодафний.

57. ФР.1.39.2006.02506 Методика определения токсичности отходов, почв, осадков сточных, поверхностных и грунтовых вод методом биотестирования с использованием равноресничных инфузорий *Paramecium caudatum* Ehrenberg . М.: МГУ – 2006. 30 с. (Рахлеева А.А., Терехова В.А.) (ЛЭТАП МГУ).

Список использованных источников

1. Матковский А. К., Крохалевский В.Р., Князева Н.С., Кутдусова Н.А., Семёнова Л.А., Уварова В.И. Оценка уровня и последствий техногенного воздействия Западно-Сибирского нефтегазового комплекса на рыбохозяйственные водоемы Тюменской области // Актуальные задачи защиты водных биологических ресурсов от негативного воздействия работ по освоению нефтегазовых месторождений. Москва – Владивосток, 2006. С. 170 - 187.
2. Михайлова Л.В., Исаченко-Боме Е.А. Разработка и апробация норматива содержания нефти в донных отложениях поверхностных водных объектов // Водные ресурсы. 2012. Т. 39. № 5. С. 530-536.
3. Постановление об утверждении регионального норматива “Предельно допустимый уровень содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях поверхностных водных объектов на территории Ханты-Мансийского автономного округа Югры”. № 441-п. Ханты-Мансийск, 2004.
4. Гвоздецкий Н.А. Физико-географическое районирование Тюменской области, МГУ, 1973. - 233с.
5. Нейштадт М. И. Мировой природный феномен-заболоченности Западно-Сибирской равнины. Изв. АН СССР. Сер. Геогр..., , 1971. № 1. С. 21 – 34.
6. Лезин В.А., Тюлькова Л.А. Озера Среднего Приобья. Тюмень. 1994. 277 с.
7. Экология Ханты-мансийского автономного округа /Под ред. В.В. Плотникова. – Тюмень, СофтДизайн, 1997. 288 с.
8. Иванов К.Е. Болота Западной Сибири, их строение и гидрологический режим /Под ред. К.Е. Иванова и С.М. Новикова – М.: Изд-во Государственного гидрологического института (ГГИ), Гидрометеиздат Ленинград, 1976. 447 с.
9. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
10. Тюлькова Л.А. О генезисе озерных котловин Среднего Приобья. Проблемы географии Западной Сибири. Вып. 2. Тюмень, 1993. С. 53 – 64.
11. Чижов Б.Е. Охрана и рекультивация таежных экосистем при нефтегазодобыче. Пушкино: ВНИИЛМ, 2011. 259 с.

12. Соромотин А.В. Воздействие добычи нефти на таежные экосистемы Западной Сибири. Монография. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2010. 320 с.
13. Суворов В.И., Женихов Ю.Н., Панов В.В., Лопатин К.И., Толстограй В.И., Юсупов И.А. Актуальные вопросы использования торфа и болот. Тверь: Изд-во Триада, 2012. 152 с.
14. Князева Н.С. Оценка уровня нефтяного загрязнения водоемов Обского бассейна / Вестник рыбохозяйственных наук, 2016. Т.3, №3. С.55-61.
15. Коротких Н.Н. Состав органического вещества и загрязнение нефтяными углеводородами донных отложений водных объектов территории природного парка «Кондинские озера» / Геоэкологические проблемы Тюменского региона, Вып.4. Тюмень. 2009. С.113-126.
16. Волкова С.С. Физико-химические особенности формирования состава органического вещества и карбонатной системы в малых озерах Западной Сибири. Дисс... канд.хим.наук. Тюмень, 2015. 107 с.
17. Отчет о научном исследовании № 11.G34.31.0036 (заключительный) «Качество вод в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в регионах Западной Сибири». Тюмень: ТюмГУ, 2011. 281 с.
18. Предварительные материалы оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС) проектируемого норматива допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ на водных объектах ХМАО-Югры. М. ЭкоТерра, 2011. 92 с.
19. Отбор и анализ проб ДО для изучения фоновых показателей нефтепродуктов на озерах № 4.5.6 в районе куста скважин №14 Южно-Аганского лицензионного участка. Пояснительная записка. Нижневартовск, ЗАО СибНИПИРП. 2015.
20. Науменко Ю.В. Кизучению альгофлоры природного парка «Сибирские Увалы» // Биологические ресурсы и природопользование. Сб. науч. Тр. Вып. 9. Сургут: Дефис, 2006. С. 159 – 175.
21. Итоговый отчет по Госконтракту № 187 от 28.11.11 на выполнение НИП по теме «Установление критериев допустимого остаточного содержания нефти и нефтепродуктов в донных отложениях после проведения восстановительных работ

на водных объектах с учетом биотопических особенностей водоемов ХМАО-Югры». М. ЭкоТерра, 2013. 96 с.

22. Салазкин, 1976 Салазкин А.А. Основные типы озер гумидной зоны СССР и их биологопродукционная характеристика. Л.: Изв. ГосНИОРХ. 1976. т. 108. 194 с.

23. Алешина О.А., Усламин Д.В., Зональное распределение макрозообентоса в пресных озерах Тюменской области. Вестник № 12 ТюмГУ, 2012. С. 160-172.

24. Беляков В.П. Зообентос малых озер и рек Центральной части Западной сибиря. Биологический ресурсы и природопользование. Вып. 7. Сургут, Дефис, 2004. С. 74-89.

25. Законнов В.В. Генетическая классификация грунтового комплекса равнинных водохранилищ /Комплексные исследования водохранилищ: межвузовский сб. науч. Тр. Перм. Гос. Нац. Исслед. Ун-т. Пермь, 2014. С 23 – 30.

26. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.

27. Московченко Д.В., Бабушкин А.Г. Современный уровень солевого загрязнения поверхностных вод ХМАО-Югры // Материалы III Съезда экологов нефтяных регионов «Региональная экологическая политика в условиях существующих приоритетов развития нефтегазодобычи». Ханты-Мансийск, Полиграфист, 2013. С. 218-220.

28. Копылов А.И., Косолапов Д.Б. Микробная «петля» в планктонных сообществах морских и пресноводных экосистемах. Учреждение Рос. Акад. Наук Ин-т биологии внутрен. Вод им. И.Д. Папанина. Ижевск: КнигоГрад, 2011. 332 с.

29. Временное методическое руководство по нормированию уровней содержания химических веществ в донных отложениях поверхностных водных объектов (на примере нефти). М.: РЭФИА, НИА-Природа, 2002. 133 с.

30. Рекомендации для оценки воздействия на окружающую среду. Институт Экологического Менеджмента и Оценки (ИЕМА). 2004.

31. Научные токсиколого-гидробиологические исследования в рамках Проекта «Очистка озер от нефтезагрязнения в районе куста 14 Южно-Аганского лицензированного участка (с учетом восстановительного периода)»: Отчет о НИР (заклю-

чительный) / ФГБНУ «Госрыбцентр»; Рук. темы Михайлова Л.В. Тюмень, 2016.
163 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Приложение А 1 - Перечень водных объектов с координатами и станциями отбора проб

№ п/п	Название водоема	Привязка к техническим объектам (озера б/н)	Координаты расположения	Зона деятельности предприятия, организации	Лицензионный участок (ЛУ)
1	Оз. Тойхлор (фоновое)	-	61°25'31" с.ш. 73°04'42" в.д.	ОАО «Сургутнефтегаз»	Западно-Сургутский ЛУ
2	Оз. Песчаное	-	61°27'54" с.ш. 72°39'05" в.д.	ОАО «Сургутнефтегаз»	Быстринский ЛУ
3	Оз. Сыхтымлор	-	61°58'44" с.ш. 73°04'37" в.д.	ОАО «Сургутнефтегаз»	Северо-Юрьевский ЛУ
4	Оз. Пильтанлор	-	61°44'04" с.ш. 73°24'31" в.д.	ОАО «Сургутнефтегаз»	Федоровский ЛУ
5	Оз. Калач	-	61°02'17.69" с.ш. 76°30'03.51" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
6	Озеро б/н	При КП №1413 Самотлорского месторождения	61°10'39.67" с.ш. 76°41'25.63" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
7	Оз. Окунево	-	61°02'24.4" с.ш. 76°27'15.5" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
8	Оз. Ленинградское	-	61°03'31.63" с.ш. 76°41'30.21" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
9	Оз. Вильент	-	61°13'50.43" с.ш. 76°21'00.99" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
10	Озеро б/н, № 2	Около КП 2220, по всей видимости это обводненный карьер грунта в пойме	61°09'32.32" с.ш. 76°59'37.41" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
11	Озеро б/н, № 4	Между КП 2084 и 2091	61°13'38.43" с.ш. 76°50'56.81" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
12	Озеро б/н, № 3	Около КП 2121	61°13'03.40" с.ш. 76°56'47.50" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ

13	Озеро б/н, № 6	Около КП 1288	61°03'06.82" с.ш. 76°47'58.95" в.д.	АО «Самотлорнефтегаз»	Самотлорский ЛУ
14	Оз. Матылор (фоновое)	р-н г. Новоаганска	61°57'35" с.ш. 76°38'56" в.д.	-	вне зоны техногенного воздействия
15	Озеро б/н, № 6 (фоновое внутриболотное)	Новоаганское месторождение	61°17'09.20" с.ш. 76°08'18.50" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
16	Озеро б/н, № 5 (фоновое внутриболотное)	Новоаганское месторождение	61°17'10.55" с.ш. 76°08'24.00" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
17	Озеро б/н, № 4 (контрольное)	Новоаганское месторождение в р-не КП №14	61°17'16.53" с.ш. 76°08'28.16" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
18	Озеро б/н, № 1	Новоаганское месторождение в р-не КП №14	61°17'19.58" с.ш. 76°08'13.87" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
19	Озеро б/н, № 2	Новоаганское месторождение в р-не КП №14	61°17'15.01" с.ш. 76°08'06.30" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
20	Озеро б/н, № 3	Новоаганское месторождение в р-не КП №14	61°17'12.63" с.ш. 76°08'00.30" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Южно-Аганский ЛУ
21	Оз. Маяк-Пасольское		61°10'24" с.ш. 75°38'29" в.д.	ОАО «Славнефть- Мегионнефтегаз»	Северо-Покурский ЛУ
22	Озеро б/н	Урьевское месторождение	61°20'06" с.ш. 75°15'42" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Лангепаснефтегаз»	Урьевский ЛУ
23	Озеро б/н	Поточное месторождение	61°26'34" с.ш. 75°28'36" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Лангепаснефтегаз»	Поточный ЛУ
24	Озеро б/н (фоновое)	Нонг-Еганское месторождение в районе КП-9А ЦДНГ-4	61°56'34" с.ш. 74°51'01" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Покачевнефтегаз»	Нонг-Еганский ЛУ
25	Озеро б/н	Нонг-Еганское месторождение в районе КП-9А ЦДНГ-4	61°56'37" с.ш. 74°50'53" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Покачевнефтегаз»	Нонг-Еганский ЛУ
26	Озеро б/н (фоновое)	Тевлинско-Русскинское месторождение	62°16'17.6" с.ш. 73°28'23.36" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Когалымнефтегаз»	Тевлинско-Русскинской ЛУ
27	Озеро б/н (загрязненное)	Тевлинско-Русскинское месторождение	62°16'97.6" с.ш. 73°28'12.09" в.д.	ООО «Лукойл-Западная Сибирь» - ТПП «Когалымнефтегаз»	Тевлинско-Русскинской ЛУ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б 1 – Характеристика фитопланктона водоёмов ХМАО с разным типом донных отложений, август – сентябрь 2016 г.

Название водоёма	Ст.	Характер донных отложений					
		минеральные ДО		смешанные ДО		органогенные ДО	
		видов, число	N / B, экз./м ³ / мг/м ³	видов, число	N / B, экз./м ³ / мг/м ³	видов, число	N / B, экз./м ³ / мг/м ³
Оз. Тойхлор	1	10	1003/468				
	2	6	650/395				
Оз. Сыхтымлор	1					9	1502/566
	2					7	926/350
Оз. Песчаное	1	9	382/128				
	2	6	137/43				
Оз. Пильтанлор	1	11	1880/755				
	2	8	825/351				
Оз. Калач	1	8	314/313				
	2					7	256/241
КП 1413	1					14	757/269
	2					12	589/209
Оз. Окунёво	1					10	932/284
	2			10	975/257		
Оз. Ленинградское	1	7	485/540				
	2			5	335/308		
Оз. Вильент	1					7	573/222
	2					6	383/159
КП 2220	1	13	1753/407				
	2	7	1423/158				
КП 2084 - 2091	1					2	192/196
	2					2	199/236
КП 2121	1					9	486/10567
	2					5	130/2601
КП 1288	1					10	534/794
	2					6	224/348
Оз. Матылор (фон.)	1					2	9,8/15,16

	2					5	122/2946
О. б/н Урьевский ЛУ	1	1	6,41/25,9				
	2			1	8,01/12,39		
О. б/н Поточный ЛУ	1					10	475/249
	2			5	162/163		
О. б/н КП-9А (фон.)	1			3	846/1304		
	2					2	642/874
О. б/н КП-9А (грязн.)	1	7	2051/424				
	2			3	1415/199		
О. б/н Тевлинско-Русское м/р (фоновое)	1					3	133/6,29
	2					3	270/7,65
О. б/н Тевлинско-Русское м/р (грязное)	1					2	650/1420
	2					2	780/1656
Примечание – N – численность, В – биомасса							

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1 – Характеристика зоопланктона водоёмов ХМАО с разным типом донных отложений, август – сентябрь 2016 г.

Название водоёма	Ст.	Характер донных отложений								
		минеральные ДО			смешанные ДО			органогенные ДО		
		п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³
Оз. Тойхлор	1	17	7018	55,08						
	2	22	24680	145,39						
	среднее	27*	15849	100,23						
Оз. Сыхтымлор	1							23	23132	192,99
	2							26	14936	87,51
	среднее							33*	19034	140,25
Оз. Песчаное	1	11	60207	419,71						
	2	12	70443	451,11						
	среднее	16*	65325	435,41						
Оз. Пильтанлор	1	52	52132	245,88						
	2	29	50344	205,22						
	среднее	52*	51238	225,55						
Оз. Калач	1	12	5950	60,12						
	2	10	2887	29,85						
	среднее	13*	4418	44,99						
КП 1413	1							20	1953	28,44
	2							6	28790	85,11
	среднее							24*	15372	56,78
Оз. Окунёво	1				22	7153	27,42			
	2				21	60510	759,49			
	среднее				34*	33832	393,46			
Оз. Ленинградское	1	12	6390	100,26						
	2	10	32880	132,67						
	среднее	15*	19635	116,47						
Оз. Вильент	1							17	5973	49,57
	2							15	105080	845,23
	среднее							22*	55527	447,40
КП 2220	1	28	22337	147,51						

Название водоёма	Ст.	Характер донных отложений								
		минеральные ДО			смешанные ДО			органогенные ДО		
		п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³
	2	24	50653	434,80						
	среднее	33*	36495	291,16						
КП 2084-2091	1							4	16083	264,44
	2							15	81077	1495,82
	среднее							15*	48580	880,13
КП 2121	1							23	85600	862,77
	2							18	34400	124,64
	среднее							32*	60000	493,70
КП 1288	1							36	49890	207,27
	2							18	850	5,69
	среднее							37*	25370	106,48
Оз. Матылор (фон.)	1							12	8180	62,39
	2							20	22450	113,81
	среднее							25*	15315	88,10
Озеро № 6	1							27	10373	68,55
	2							13	10007	188,79
	среднее							28*	10190	128,67
Озеро № 5	1							22	12207	84,64
	2							14	18647	245,54
	среднее							22*	15427	165,08
Озеро № 4, КП 14	1							30*	28527	352,74
	2							9*	21200	297,62
	среднее							31*	24863	325,18
Озеро № 3, КП 14	1							26*	9965	36,11
	2							18*	8215	6,26
	среднее							30*	9090	21,19
Озеро № 2, КП 14	1							26*	9082	36,29
	2							13*	5450	4,65
	среднее							27*	7266	20,47
Озеро №1, КП 14	1						27*	1945	12,49	

Название водоёма	Ст.	Характер донных отложений								
		минеральные ДО			смешанные ДО			органогенные ДО		
		п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³	п	N, экз./м ³	B, мг/м ³
	2							23*	1923	7,08
	среднее							34*	1934	9,79
Оз. Маяк-Посольское	1							23	3203	9,50
	2							15	1963	2,74
	среднее							27*	2583	6,12
Озеро б/н Урьевский ЛУ	1	5	1013	16,08						
	2	17	1910	42,83						
	среднее	19*	1462	29,45						
Озеро б/н Поточный ЛУ	1				25	977	9,82			
	2				15	8220	4,71			
	среднее				26*	4598	7,27			
Озеро б/н КП-9А (фон.)	1				33	4610	41,45			
	2				17	2377	4,42			
	среднее				35*	3493	22,94			
Озеро б/н КП-9А (грязн.)	1	13	1933	14,89						
	2	9	4477	12,31						
	среднее	14*	3205	13,60						
Озеро б/н Тевлинско-Русское ЛУ (фоновое)	1							17	4502	23,44
	2							10	7324	54,80
	среднее							17*	5913	39,12
Озеро б/н Тевлинско-Русское ЛУ (грязное)	1							11	24800	161,69
	2							10	18227	28,62
	среднее							14*	21513	95,16
Примечание: п - количество видов; N - численность; B - биомасса; * общее количество видов										

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Таблица Г 1 – Характеристика макрозообентоса водоёмов ХМАО с разным типом донных отложений, август – сентябрь 2016 г.

Название водоёма	Ст.	Характер донных отложений					
		минеральные ДО		смешанные ДО		органогенные ДО	
		Видов, число	N / B экз./м ² / г/м ²	Видов, число	N / B экз./м ² / г/м ²	Видов, число	N / B экз./м ² / г/м ²
Оз. Тойхлор	1	12	1732/5,97				
	2	4	392/1,45				
Оз. Сыхтымлор	1					1	8 / 0,01
	2					1	16 / 0,06
Оз. Песчаное	1	6	200 /0,33				
	2	0	0				
Оз. Пильтанлор	1	14	848/1,72				
	2	8	280/0,26				
Оз. Калач	1	4	80 / 0,25				
	2					7	108/0,35
КП 1413	1					2	27 / 0,17
	2					0	0
Оз. Окунёво	1					7	120/0,39
	2			9	148/0,37		
Оз. Ленинградское	1	6	13 / 0,03				
	2			5	114/ 0,30		
Оз. Вильент	1					2	20 / 007
	2					4	373/0,40
КП 2220	1	4	1046/1,19				
	2	9	1115/3,04				
КП 2084 - 2091	1					2	14 / 0,06
	2					1	7 / 0,02
КП 2121	1					2	1820/25,56
	2					5	540/ 5,81
КП 1288	1					9	1700/4,57
	2					13	10560/13,92
Оз. Матылор (фон.)	1					4	88 / 0,34
	2					6	135/0,28

Озеро № 6	1					6	61 / 0,37
	2					8	115/ 0,25
Озеро № 5	1					2	14 / 0,35
	2					6	87 / 0,14
Озеро № 4, КП 14	1					6	55 / 1,94*
	2					17	171/1,42*
Озеро № 3, КП 14	1					4	46 / 6,47*
	2					2	10 / 1,55*
Озеро № 2, КП 14	1					2	25 / 3,52*
	2					0	0
Озеро №1, КП 14	1					3	26 / 2,80*
	2					2	4 / 0,18*
О. Маляк-Посольское	1					10	852/0.92
	2			12	3741/8,13		
О. б/н Урьевский ЛУ	1	12	313/0,26				
	2			6	162/0,26		
О. б/н Поточный ЛУ	1					17	831/3,46
	2			5	41 / 0,08		
О. б/н КП-9А (фон.)	1			4	94 / 1,04		
	2					1	7 / 0,003
О. б/н КП-9А (грязн.)	1	1	13 / 0,05				
	2			5	67 / 2,11		
О. б/н Тевлинско-Русское ЛУ (фоновое)	1					2	16 / 0,04
	2					5	116/0,12
О.б/н Тевлинско-Русское ЛУ (грязное)	1					5	41 / 1,42
	2					4	94 / 0.10
Итого:		80	6032/14,55	46	4367/12,29	168	18107/77,06
Примечание: * - взяты среднемесячные величины, N – численность, В - биомасса							

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Таблица Д 1 – Изменение таксономического разнообразия макрозообентоса в озерах с минеральными ДО в диапазоне концентрации НП (метод контроля - флуориметрия)

Таксон	Диапазон содержания НП в ДО, г/кг			
	0-0,1	0,1-0,2	0,2-1,0	>1,0
<i>Bivalvia juv.</i>	+	+		+
<i>Chaoborus</i>				+
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen		+		
<i>Chironomus dorsalis</i> Meigen	+	+		
<i>Chironomus heterodentatus</i> Konstantinov	+			
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)		+		
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	+	+	+
<i>Glyptotendipes glaucus</i> Meigen	+	+	+	+
<i>Glyptotendipes paripes</i> Edwards		+		
<i>Cyrnus flavidus</i> M c L.			+	
<i>Haliplus</i>	+			
<i>Helobdella stagnalis</i> L.	+			
Hydrachnellae	+	+		
<i>Macropelopia nebulosa</i>	+			
<i>Mallochohelea munda</i>	+			
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)		+	+	
<i>Microtendipes rezvoi</i> Tshernovskij	+	+		
<i>Molanna angustata</i> Curt	+	+		
Nematoda	+	+		
Oligochaeta	+	+		+
Ostracoda	+			
<i>Palpomyia lineata</i> (Meigen)	+	+		
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)	+	+		
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schränk)	+	+		+
<i>Probezzia seminigra</i>	+	+		
<i>Procladius choreus</i> Meigen	+			+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+			
<i>Psectrocladius psilopterus</i> Kieffer		+		
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)	+			
<i>Tanytarsus holochlorus</i> Edwards	+			
Количество таксонов (всего 30)	23	18	4	7

Таблица Д 2 – Изменение таксономического разнообразия макрозообентоса в озерах с органогенными и смешанными ДО в диапазоне концентрации НП (метод контроля - флуориметрия)

Таксон	Диапазон содержания НП в ДО, г/кг		
	0-1	1-5	>5
<i>Ablabesmyia monilis</i> (L.)	+		
<i>Bezzia flavicornis</i>	+		
<i>Bivalvia juv.</i>	+	+	
<i>Chaoborus</i>	+	+	+
<i>Chironomus anthracinus</i> Zetterstedt		+	
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen	+	+	+
<i>Chironomus dorsalis</i> Meigen	+	+	+
<i>Chironomus heterodentatus</i> Konstantinov	+	+	
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	+		
<i>Corynocera ambigua</i>	+		
<i>Cricotopus algarum</i>		+	
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	+	
<i>Cryptocladopelma viridula</i>		+	
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen)	+	+	
<i>Fleuria lacustris</i>	+		
<i>Glyptotendipes glaucus</i> Meigen	+	+	
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> Kieffer		+	
<i>Glyptotendipes paripes</i> Edwards	+	+	
<i>Cyrnus flavidus</i> M c L.	+	+	
<i>Haliphus</i>	+	+	
<i>Helobdella stagnalis</i> L.		+	
<i>Hydrachnellae</i>	+	+	
<i>Ischnura elegans</i>		+	
<i>Leptochironomus tener</i> (Kieffer)	+	+	
<i>Leucorrhinia rubicunda</i> (Charp)	+	+	+
<i>Mallochohelea munda</i>	+		
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)	+	+	
<i>Microtendipes rezvoi</i> Tshernovskij	+	+	
<i>Oligochaeta</i>	+	+	+
<i>Oligostomis reticulata</i> Linne	+	+	
<i>Pagastiella orophila</i> (Edwards)	+		+
<i>Palpomyia lineata</i> (Meigen)	+	+	
<i>Pentapedilum exectum</i> Kieffer		+	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)		+	
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank)	+	+	
<i>Probezzia seminigra</i>		+	
<i>Procladius choreus</i> Meigen	+	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+	+	

<i>Psectrocladius psilopterus</i> Kieffer	+	+	
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)	+	+	
<i>Semblis phalaenoides</i> L.	+	+	
<i>Sialis</i> Latreille	+	+	
<i>Sigara falleni</i> (Fieber)	+	+	
<i>Tanytarsus holochlorus</i> Edwards	+	+	
<i>Telmatopelopia nemorum</i>	+	+	+
Tipulidae			+
Количество таксонов (всего 46)	36	38	9

Таблица Д 3 – Изменение таксономического разнообразия макрозообентоса в озерах с минеральными ДО в диапазоне концентрации УВ (метод контроля - ИК-фотометрия)

Таксон	Диапазон содержания УВ в ДО, г/кг		
	0-0,25	0,25-0,5	> 0,5
<i>Bivalvia</i> juv.	+		+
<i>Chaoborus</i>			+
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen		+	
<i>Chironomus dorsalis</i> Meigen	+	+	
<i>Chironomus heterodentatus</i> Konstantinov	+		
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	+		
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	+	+
<i>Cyrnus flavidus</i> M c L.		+	
<i>Glyptotendipes glaucus</i> Meigen	+	+	+
<i>Glyptotendipes paripes</i> Edwards	+	+	
<i>Haliphus</i>	+	+	
<i>Helobdella stagnalis</i> L.	+		
Hydrachnellae	+	+	
<i>Macropelopia nebulosa</i>	+		
<i>Mallochohelea munda</i>	+		
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)		+	
<i>Microtendipes rezvoi</i> Tshernovskij	+	+	
<i>Molanna angustata</i> Curt	+	+	
Nematoda	+	+	
<i>Oligochaeta</i>	+	+	
Ostracoda	+		
<i>Palpomyia lineata</i> (Meigen)		+	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)	+		
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schrank)	+	+	+
<i>Probezzia seminigra</i>	+	+	
<i>Procladius choreus</i> Meigen	+	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+	+	
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)		+	
<i>Pseudochironomus prasinatus</i> (Staeger)	+	+	
<i>Tanytarsus holochlorus</i> Edwards		+	
Количество таксонов (всего 30)	23	21	7

Таблица Д 4 – Изменение таксономического разнообразия макрозообентоса в озерах с органомогенными и смешанными ДО в диапазоне концентрации УВ (метод контроля - ИК-фотометрия)

Таксон	Диапазон содержания УВ в ДО, г/кг			
	0-3	3-5	5-15	> 15
<i>Ablabesmyia monilis</i> (L.)		+		
<i>Bezzia flavicornis</i>	+			
<i>Bivalvia juv.</i>	+	+		
<i>Chaoborus</i>	+	+	+	+
<i>Chironomus anthracinus</i> Zetterstedt	+			
<i>Chironomus cingulatus</i> Meigen		+	+	+
<i>Chironomus dorsalis</i> Meigen	+	+	+	+
<i>Chironomus heterodontatus</i> Konstantinov	+	+	+	
<i>Chironomus plumosus</i> (L.)	+			
<i>Corynocera ambigua</i>		+		
<i>Cricotopus algarum</i>		+		
<i>Cryptochironomus defectus</i> Kieffer	+	+	+	
<i>Cryptocladopelma viridula</i>		+		
<i>Cyrnus flavidus</i> M c L.	+	+	+	
<i>Endochironomus albipennis</i> (Meigen)	+	+		
<i>Fleuria lacustris</i>		+		
<i>Glyptotendipes glaucus</i> Meigen	+	+	+	
<i>Glyptotendipes gripekoveni</i> Kieffer	+			
<i>Glyptotendipes paripes</i> Edwards	+	+	+	
<i>Haliplus</i>	+	+	+	
<i>Helobdella stagnalis</i> L.		+		
<i>Hydrachnellae</i>	+	+	+	
<i>Ischnura elegans</i>		+		
<i>Leptochironomus tener</i> (Kieffer)	+		+	
<i>Leucorrhinia rubicunda</i> (Charp)	+	+	+	+
<i>Mallochohelea munda</i>		+		
<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)	+	+	+	
<i>Microtendipes rezvoi</i> Tshernovskij	+	+	+	
<i>Oligochaeta</i>	+	+	+	+
<i>Oligostomis reticulata</i> Linne	+	+		
<i>Pagastiella orophila</i> (Edwards)			+	+
<i>Palpomyia lineata</i> (Meigen)	+	+	+	
<i>Pentapedilum exectum</i> Kieffer			+	
<i>Polypedilum nubeculosum</i> (Meigen)		+		
<i>Polypedilum scalaenum</i> (Schränk)	+	+	+	
<i>Probezzia seminigra</i>		+		
<i>Procladius choreus</i> Meigen	+	+	+	+
<i>Procladius ferrugineus</i> Kieffer	+	+	+	
<i>Psectrocladius psilopterus</i> Kieffer		+	+	

Pseudochironomus prasinatus (Staeger)		+	+	
Semblis phalaenoides L.		+	+	
Sialis Latreille	+	+	+	
Sigara falleni (Fieber)		+		
Tanytarsus holochlorus Edwards	+	+	+	
Telmatopelopia nemorum	+	+	+	+
Tipulidae				+
Количество таксонов (всего 44)	28	38	27	9

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Таблица Е 1 – Токсические эффекты и реакции представителей водной растительности, донных животных и рыб-бентофагов в условиях загрязнения донных отложений

Тест-объекты, длительность эксперимента, сут	Тест-функции	Параметры токсичности, LC_{50} , EC_{50} г/кг	ПК, г/кг, лимитирующие показатели	МДК, г/кг
Продуценты				
Макрофиты <i>Elodea canadensis</i> , 30	Количество и длина корней, основного и боковых побегов, тургор, распад на мутовки, пигменты фотосинтеза, количество мертвых клеток и число ХА в корнях	LC_{50} – 53,0 EC_{50} – 30,0	0,900 гибель клеток в корнях, пигменты фотосинтеза	0,300
<i>Lemna minor</i> , 30	Количество и длина корней, листецов, пигменты фотосинтеза, количество мертвых клеток и число ХА в корнях	LC_{50} – 62,5 EC_{50} – 5,0	0,300 число мертвых клеток в корнях, пигменты фотосинтеза	0,200
<i>Lemna minor</i> , 30	Кол-во и длина корней, листецов, пигменты фотосинтеза, кол-во мертвых клеток и число ХА в корнях	LC_{50} – 62,5 EC_{50} – 5,0	0,300 число мертвых клеток в корнях, пигменты фотосинтеза	0,200
Консументы				
Простейшие <i>Paramecium caudatum</i> , 4	Выживаемость, численность, темп деления	LC_{50} – 6,0 EC_{50} – 0,85	0,300 численность	0,070
Ракообразные <i>Daphnia magna</i> , 30	Выживаемость, плодовитость, линейные размеры	LC_{50} – 29,3 EC_{50} – 5,0	0,360 плодовитость, линейные размеры	0,08
<i>Hyalella azteca</i> , 28	Выживаемость, масса тела, линейные размеры, спаривание, плодовитость	LC_{50} – 0,23 EC_{50} – 0,17	0,100 линейные размеры, плодовитость	0,060
<i>Gmelinoides fasciatus</i> 28	Выживаемость, линейные размеры	LC_{50} – 1,25 EC_{50} – 0,23	0,170 линейные размеры	0,100

Продолжение таблицы

Личинки насекомых рода <i>Chironomus</i> <i>Chironomus sp.</i> , 30 <i>Chironomus dorsalis</i> , 35	Выживаемость, изменение цвета, метаморфоз	LC ₅₀ – 0,4	0,130 изменение цвета	0,060
<i>Chironomus riparius</i> , 28	Выживаемость, линейные размеры, вылет имаго	LC ₅₀ – 13,5 EC ₅₀ – 1,25	0,100 линейные размеры	0,060
<i>Chironomus plumosus</i> , 30	Выживаемость, метаморфоз, ХА, пуфинг	LC ₅₀ – 10,0 EC ₅₀ – 0,12	0,026 метаформоз	0,022
<i>Chironomus thummi</i> , 10	Выживаемость, ХА, пуфинг	LC ₅₀ – 10,0	2,00 пуфинг, ХА	0,700
Черви (поликультура): <i>Limnodrilus udekemianus</i> , <i>Tubifex tubifex</i> , <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> , <i>Aulodrilus limnobius</i> , 130	Число половозрелых особей, число коконов, общая биомасса и численность, число молодых червей	EC ₅₀ – 0,21	0,140 биомасса, число коконов	0,040
<i>Limnodrilus udekemianus</i> , 130+14	Выживаемость взрослых червей и регенератов, регенерационная способность	LC ₅₀ – 18,0 (взрослых) LC ₅₀ – 0,14 (регенератов)	0,140 репаративная регенерация	0,100
Моллюски <i>Planorbarius sp.</i> , 30 <i>Lymnaea sp.</i> , 30	Выживаемость, масса тела и раковины, ширина и длина раковины, интенсивность дыхания, показатели водно-солевого обмена	LC ₅₀ – 7,8 EC ₅₀ – 0,15	0,150 интенсивность дыхания, морфометрия	0,060
<i>Anisus albus</i> , 30	Выживаемость, масса тела, раковины, ширина и длина раковины, интенсивность дыхания, показатели водно-солевого обмена	LC ₅₀ – 7,8 EC ₅₀ – 3,8	0,050 дыхание, морфометрия	0,040
Рыбы <i>Acipenser baeri</i> , 6-16	Выживаемость эмбрионов и личинок, асинхронность развития эмбрионов, масса икринок и предличинок, сроки и процент вылупления личинок, частота сердечного ритма, аномалии развития	LC ₅₀ – 0,06 гибель эмбрионов, LC ₅₀ – 0,8 гибель предличинок,	0,030 частота сердечного ритма, удлинение срока эмбриогенеза, асинхронность и аномалии развития	0,021
<i>Ciprinus carpio</i> мальки, 40	Выживаемость, морфометрия, дыхание	LC ₅₀ – 2,0, EC ₅₀ – 0,43	0,320 морфометрия, дыхание	0,040
сеголетки, 70	Выживаемость, морфометрия, индексы внутренних органов, гистология, форменные элементы крови, дыхание	LC ₅₀ – 18,0 EC ₅₀ – 0,14	0,038 интенсивность дыхания, нарушение структуры внутренних органов	0,027

Редуценты

Микроорганизмы сапрофиты, грибы, гетеротрофы, нефтеокисляющие, 20-30	Общее микробное число, численность, скорость размножения, темновая ассимиляция CO ₂	EC ₅₀ – 0,22 стимулирующий диапазон для нефтеокисляющих микроорганизмов	0,060 скорость размножения 0,100 численность, темновая ассимиляция CO ₂	0,040
--	--	---	---	-------

Примечание – LC₅₀ – гибель 50% организмов; EC₅₀ – сублетальный эффект действия у 50% организмов; ПК – пороговая концентрация; МДК – максимально допустимая концентрация