

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

| Тема работы |
|---|
| Пространственно-временная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби |

УДК 556.531.4(282.256.1)

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|--|-----------------------|
| 2ВМ72 | Васина Евгения Валерьевна |  | 06.06.19 ₂ |

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|---------------------------|---|-----------------------|
| Доцент | Хващевская А.А. | К.Г.-М.Н., доцент |  | 06.06.19 ₂ |

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|----------------|---------------------------|---|------------|
| Ассистент ОСГН | Жаворонок А.В. | - |  | 30.04.2019 |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------|----------------|---------------------------|---|----------|
| Доцент ООТД | Будницкая Ю.Ю. | доцент |  | 19.04.19 |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Руководитель ООП | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|------------------|---------------|---------------------------|---|----------|
| Доцент ОГ | Пасечник Е.Ю. | К.Г.-М.Н. |  | 06.06.19 |

Томск – 2019 г.

| Код | Результат обучения |
|---------------------------------|--|
| Общие по направлению подготовки | |
| P1 | Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, осведомленность в вопросах безопасности жизнедеятельности, быть компетентным в вопросах устойчивого развития |
| P2 | Самостоятельно приобретать с помощью новых информационных технологий знания и умения и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности |
| P3 | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, включая разработку документации и презентацию результатов проектной и инновационной деятельности. |
| P4 | Использовать педагогически обоснованные формы, методы и приемы организации деятельности обучающихся, применять современные технические средства обучения и образовательные технологии образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология» |
| P5 | Проводить учебные занятия по учебным предметам, курсам, дисциплинам образовательных программ «Природообустройство и водопользование» и «Прикладная геология» |
| P6 | Использовать знания в области водного хозяйства и природообустройства (мелиорации, рекультивации, инженерной защиты территорий) для надлежащей эксплуатации сооружений и систем природообустройства и водопользования, охраны водных объектов |
| P7 | Разрабатывать документацию по эксплуатации мелиоративных систем, рекультивации нарушенных земель и водных объектов |
| P8 | Проводить эксплуатацию и мониторинг сооружений и систем природообустройства и водопользования, обеспечивать выполнение требований по безопасности гидротехнических сооружений, охраны природы |

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Отделение геологии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

 14.12.17 Пасечник Е.Ю.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|--|
| Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации) |
|--|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|----------------------------|
| 2ВМ72 | Васиной Евгении Валерьевне |

Тема работы:

| | |
|--|------------------------|
| Пространственно-временная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | 14.12.2017 г. № 9851/с |

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 06.06.2019 г. |
|--|---------------|

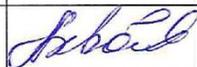
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|--|
| <p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатраты; экономический анализ и т. д.).</i></p> | <p><i>Объектом</i> исследования являются поверхностные воды среднего течения р. Обь. В работе использовались результаты полевых и лабораторных исследований химического состава речных вод, полученные ПНИЛ ГГХ ТПУ, данные режимных наблюдений за составом вод, представленные в Гидрологических ежегодниках и литературные данные.</p> |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования,</i></p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. Физико-географическая характеристика района исследований (по литературным данным); 2. История исследований вод бассейна р. Обь; 3. Особенности использования вод р.Обь в ее среднем течении; 4. Химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь; 5. Пространственная изменчивость химического |

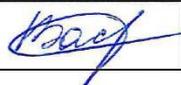
| | |
|---|---|
| конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе). | состава вод среднего течения р. Оби; 6. Временная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби; 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 8. Социальная ответственность; 9. Раздел на иностранном языке (приложение А). |
| Перечень графического материала <i>(с точными указаниями обязательных чертежей)</i> | Приложение А – Раздел на иностранном языке |
| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> | |
| Раздел | Консультант |
| Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Ассистент ОСГН ТПУ Жаворонок А.В. |
| Социальная ответственность | Доцент ООТД ТПУ Будницкая Ю.Ю. |
| Иностраннный язык | Старший преподаватель ОИЯ ТПУ Щеголихина Ю.В. |
| Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: | |
| Natürliche indikatoren für die Qualität des Flusswassers (приложение А) | |

| | |
|---|---------------|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | 14.12.2017 г. |
|---|---------------|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---|---------------|
| Доцент | Хващевская А.А. | к.г.-м.н., доцент |  | 14.12.2017 г. |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---|---------------|
| 2ВМ72 | Васина Евгения Валерьевна |  | 14.12.2017 г. |

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Природообустройство и водопользование
 Уровень образования высшее профессиональное
 Отделение геологии
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2018 /2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

| | |
|--|---------------|
| Срок сдачи студентом выполненной работы: | 06.06.2019 г. |
|--|---------------|

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 05.05.2018 | Обзор литературы | 5 |
| 21.11.2018 | Физико-географическая характеристика района | 5 |
| 28.12.2018 | Особенности использования вод | 20 |
| 15.02.2019 | Исследование химического состава вод | 20 |
| 25.03.2019 | Пространственно-временная изменчивость химического состава вод | 20 |
| 15.04.2019 | Раздел на иностранном языке | 10 |
| 19.04.2019 | Социальная ответственность | 10 |
| 30.04.2019 | Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 10 |

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|-----------------|------------------------|---|------------|
| Доцент | Хващевская А.А. | К.Г.-М.Н., ДОЦЕНТ |  | 14.12.2017 |

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------|---------------|------------------------|---|------------|
| Доцент ОГ | Пасечник Е.Ю. | К.Г.-М.Н. |  | 14.12.2017 |

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2ВМ72 | Васиной Евгении Валерьевне |

| | | | |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| Школа | инженерная школа природных ресурсов | Отделение школы (НОЦ) | геологии |
| Уровень образования | магистратура | Направление/специальность | природообустройство и водопользование |

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

| | |
|---|---|
| 1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i> | Оценка стоимости материально-технических и человеческих ресурсов лабораторных и камеральных работ при проведении химических анализов проб воды и обработке полученных данных |
| 2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Налоговый кодекс РФ; • Постановление Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 «О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы (с изменениями на 28 апреля 2018 года)»; • Приказ №5994 ТПУ от 25.05.2016 г.; • Федеральный закон от 31.12.2017 N 484-ФЗ «О страховых тарифах на обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний на 2018 год и на плановый период 2019 и 2020 годов»; • Приказ ФСИН РФ от 13.11.2008 N 624 «Об утверждении новой системы оплаты труда гражданского персонала федеральных бюджетных и казенных учреждений (с изменениями на 6 марта 2018 года)»; • ФЗ от 19.06.2000 N 82- «О минимальном размере оплаты труда (с изменениями на 25 декабря 2018 года)». |
| 3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i> | <ul style="list-style-type: none"> • Амортизационные отчисления – 20%; • Налог на добавленную стоимость – 20%; • Накладные расходы – 15% |
| Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке: | |
| 1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i> | Выполнение анализа конкурентных |

| | |
|---|--|
| | технических решений |
| 2. Разработка устава научно-технического проекта | Определить цели и результаты работы, составить организационную структуру |
| 3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок | <ul style="list-style-type: none"> • Составление плана проведения работ, • расчет основных статей расходов, определение: • этапов выполнения работ, • трудоемкость этапов работ, • подсчет затрат на выполнение работ, • разработка графика Ганта (календарного план-графика проекта), • выполнение SWOT-анализа. |
| 4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности | Выполнение расчёта интегрального показателя ресурсоэффективности. |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Карта сегментирования рынка;
2. Оценка конкурентоспособности технических решений;
3. Матрица-SWOT;
4. Иерархическая структура работ проекта;
5. Календарный план-график (диаграмма Ганта) и бюджет ВКР;
6. Оценка сравнительной ресурсной эффективности НИИ.

| | |
|--|------------|
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 01.03.2019 |
|--|------------|

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------|----------------|------------------------|---------|------------|
| Ассистент ОСГН | Жаворонок А.В. | — | | 01.03.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|---------|----------|
| 2ВМ72 | Васина Е.В. | | 01.03.19 |

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|---------------|----------------------------|
| Группа | ФИО |
| 2ВМ72 | Васиной Евгении Валерьевне |

| | | | |
|----------------------------|--|----------------------------------|--|
| Школа | инженерная школа природных ресурсов | Отделение (НОЦ) | геологии |
| Уровень образования | магистратура | Направление/специальность | природообустройство и водопользование |

Тема ВКР:

«Пространственно-временная изменчивость химического состава поверхностных вод бассейна р. Обь»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|---|
| <p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p> | <p>Объектом исследований являются данные о химическом составе поверхностных вод бассейна р. Обь в ее среднем течении.</p> <p>Полученные данные позволяют продемонстрировать фоновый химический состав вод, а также разработать мероприятия по своевременному предотвращению негативного воздействия на воды реки и изменению их природного качества.</p> <p>Камеральные работы по обработке результатов исследований осуществляется с помощью ПЭВМ.</p> |
|---|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|--|--|
| <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.0.003-2015 [46] – ГОСТ 12.1.003-2014 [47] – ГОСТ 12.1.004-91 [48] – ГОСТ 12.1.019-2017 [50] – ГОСТ 12.1.030-81 [52] – ГОСТ Р 55710-2013 [57] – НПБ 105-03 [61] – Р 2.2.2006-05 [73] – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [76] – СанПин 2.2.4.548-96 [77] – СП 52.13330.2016 [78] – ГОСТ 12.1.005-88 [49] – СП 60.13330.2012 [79] |
| <p>2. Производственная безопасность:</p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p> | <p>К <i>вредным факторам</i> относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – недостаточная освещенность рабочей зоны; – отклонение показателей микроклимата; – шум. <p>К <i>опасным факторам</i> относятся:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток; – Пожарная безопасность. |
| <p>3. Экологическая безопасность:</p> | <p>При выполнении данной выпускной квалификационной работы негативного</p> |

| | |
|--|--|
| | влияния на окружающую среду не происходит. |
| 4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: | Возможные ЧС: – Электрическое замыкание. Наиболее типичная ЧС: – Пожар. |
| Дата выдачи задания для раздела по линейному графику | 1.03.2019 |

Задание выдал консультант:

| Должность | ФНО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|-----------|
| Доцент ООТД ШБИП ТПУ | Будницкая Ю.Ю. | к.т.н. | <i>Ю.Ю. Будницкая</i> | 1.03.2019 |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФНО | Подпись | Дата |
|--------|-------------|--------------------|---------|
| 2ВМ72 | Васина Е.В. | <i>Е.В. Васина</i> | 1.03.19 |

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 122 с., 23 рис., 41 табл., 81 источник литературы, 1 приложение.

Ключевые слова: химический состав вод, макроэлементы, микроэлементы, органическое вещество, поверхностные воды, среднее течение р. Обь, многолетний период, пространственная изменчивость химического состава вод, временная изменчивость химического состава вод.

Объектом исследования являются поверхностные воды р. Обь в ее среднем течении.

Цель работы – изучение пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении.

В данной работе представлены физико-географические условия среднего течения р. Обь, приведены данные химического состава вод за многолетний период, описана пространственно-временная изменчивость химического состава поверхностных вод среднего течения р. Обь. В результате исследования проведено уточнение ранее полученных данных о макро- и микрокомпонентном составе исследуемых вод с использованием современных высокочувствительных методов анализа и показаны особенности поведения ряда элементов в исследуемых водах.

Экономическая эффективность/значимость работы. Полученная информация может быть использована для дальнейшего изучения особенностей состава поверхностных вод р. Обь, изменения состава вод в результате негативного влияния на них антропогенных факторов, с целью предотвращения изменения природного характера состава вод и поддержания развития ее туристического, рекреационно и производственного потенциала, что будет способствовать социально-экономическому развитию региона.

Сокращения, обозначения

Гк – гуминовые кислоты;

ГОСТ – государственный стандарт;

МУ – методические указания;

НДС – налог на добавленную стоимость;

НПБ – нормы пожарной безопасности;

ПК – персональный компьютер;

ПНД Ф – природоохранные нормативные документы федеративные;

РД – руководящий документ;

СанПин – санитарные нормы и правила;

СП – свод правил;

ТК – трудовой кодекс;

Фк – фульвокислоты;

ФЗ – федеральный закон;

ФР – федеральный реестр;

ХПК – химическое потребление кислорода;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение | 14 |
| Глава 1 Физико-географическая характеристика исследуемой территории | 17 |
| 1.1 Географическое положение р. Обь в среднем течении | 17 |
| 1.2 Климат | 18 |
| 1.3 Рельеф и геология | 19 |
| 1.4 Гидрогеология | 21 |
| 1.5 Гидрологический режим | 27 |
| 1.6 Почва | 28 |
| 1.7 Растительность | 29 |
| Глава 2 Пространственно-временная изменчивость химического состава поверхностных вод бассейна р. Обь | 32 |
| 2.1 История исследований вод бассейна р. Обь | 32 |
| 2.2 Особенности использования и факторы негативного воздействия на воды р. Оби в ее среднем течении | 34 |
| 2.3 Методика и методы исследований | 38 |
| 2.4 Химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь | 42 |
| 2.5 Пространственная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби | 58 |
| 2.6 Временная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби | 68 |
| 2.7 Степень загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении (по коэффициенту комплексности) | 75 |
| 2.7.1 Расчет коэффициента комплексности загрязненности вод | 76 |
| 2.7.2 Расчет комбинаторного индекса загрязненности вод | 77 |
| Глава 3 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» | 84 |
| 3.1 Предпроектный анализ | 84 |
| 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования | 84 |
| 3.1.2 Анализ конкурентных решений | 85 |
| 3.1.3 SWOT-анализ | 86 |
| 3.2 Инициация проекта | 88 |
| 3.2.1 Цели и результаты проекта | 88 |
| 3.2.2 Организационная структура проекта | 89 |
| 3.2.3 Ограничения и допущения проекта | 90 |
| 3.3 Планирование управления научно-техническим проектом | 90 |
| 3.3.1 Иерархическая структура работ проекта | 90 |
| 3.3.2 План проекта | 91 |

| | | |
|---------|---|-----|
| 3.3.3 | Определение трудоемкости выполнения работ | 91 |
| 3.4 | Бюджет научного исследования..... | 94 |
| 3.4.1 | Сырье, материалы, комплектующие изделия..... | 94 |
| 3.4.2 | Специальное оборудование для научных работ | 94 |
| 3.4.3 | Основная заработная плата | 95 |
| 3.4.4 | Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала..... | 97 |
| 3.4.5 | Отчисления на социальные нужды..... | 97 |
| 3.4.6 | Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями | 97 |
| 3.4.7 | Накладные расходы..... | 98 |
| 3.4.8 | Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта..... | 98 |
| 3.5 | Оценка сравнительной эффективности исследования | 99 |
| 3.5.1 | Ресурсосбережение | 100 |
| 3.5.2 | Социальная эффективность..... | 100 |
| Глава 4 | Социальная ответственность | 102 |
| 4.1 | Правовые вопросы обеспечения безопасности..... | 102 |
| 4.2 | Производственная безопасность | 104 |
| 4.3 | Анализ вредных и опасных производственных факторов, и мероприятия по их устранению | 105 |
| 4.3.1 | Отклонение показателей микроклимата в помещении | 105 |
| 4.3.2 | Превышение уровней шума | 106 |
| 4.3.3 | Недостаточная освещенность рабочей зоны | 106 |
| 4.3.4 | Электрический ток | 108 |
| 4.3.5 | Пожарная безопасность | 109 |
| 4.4 | Экологическая безопасность | 110 |
| 4.5 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 110 |
| | Заключение..... | 113 |
| | Список публикаций автора..... | 115 |
| | Список литературы..... | 116 |

Введение

Река Обь является важной водной артерией Западно - Сибирского региона. Речные воды вовлечены в различные производственные процессы. Река выступает важным судоходным узлом, рекреационным комплексом, источником вод хозяйственно-питьевого назначения и др. Все это безусловно влияет на качество вод и экологическую обстановку бассейна реки в целом.

На сегодняшний день на берегу среднего течения р. Обь расположены крупные города с развитой инфраструктурой, использующие для своих нужд огромные объемы воды. Увеличение водопотребления и повышение требований к качеству водных ресурсов являются неизбежным следствием развития народного хозяйства, роста жизненного уровня и культуры населения. В этой связи существует необходимость регулярного получения информации о химическом составе вод, о закономерностях и тенденциях его изменений.

На химический состав речных вод влияют самые разные процессы. Они включают в себя поступление атмосферных осадков, концентрирование химических веществ в результате испарения вод, попадание частиц в результате эрозии, растворение горных пород, влияние биосферы, а главное – сброс антропогенных веществ в реки Обского бассейна при осуществлении хозяйственной деятельности.

Так как загрязняющие вещества могут иметь различные долгосрочные последствия, которые влияют на экологию и использование водных ресурсов в качестве источника питьевого водоснабжения, рыболовства, ирригации, рекреации и т.д. детальное изучение данной темы поможет 1) ужесточать стандарты качества в отношении защиты водной среды среди различных областей ее использования, 2) сфокусироваться на изучении экологических аспектов, расширять знания и понимание вытекающих из них проблем и поможет создать надежные прогнозирующие модели для уменьшения антропогенного воздействия и поддержания благоприятной экологической обстановки на реке.

В этой связи регулярное наблюдение за состоянием вод р. Обь и изменением их химического состава для своевременного предотвращения негативного воздействия на водные ресурсы и сохранения их качества является актуальным.

Цель работы – изучение пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении.

Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

1. Изучить природно-климатические и гидрологические условия формирования состава поверхностных вод р. Обь;
2. Сформировать базу данных химического состава вод р. Оби в ее среднем течении за период с 1956 по 2016 гг.

3. Изучить химический состав вод р. Обь, установив распространенность в них макро- и микрокомпонентов, биогенных веществ и органического вещества;
4. Выявить особенности пространственно-временного изменения химического состава исследуемых вод;
5. Рассчитать степень загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении по методу комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

Исходные материалы и методы исследований. В основу работы положены данные ежегодных гидрохимических наблюдений в среднем течении р. Обь (химический состав исследуемых вод, включающий основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод), представленных в Гидрологических ежегодниках, периодической и научной литературе, а также данные полевых и лабораторных исследований состава вод, полученных в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета при выполнении научно-исследовательских работ в рамках Международных экспедиций «Пойма-99» и «Эстуарий - нижнее и среднее течение реки Оби».

Объектом исследования являются поверхностные воды р. Обь в ее среднем течении.

Научная новизна. Для вод р. Обь в ее среднем течении обобщен и проанализирован фактический материал о распространенности в водах широкого спектра химических компонентов ее состава за большой временной период. Проведено уточнение ранее полученных данных о химическом составе речных вод, а также получены новые с использованием высокочувствительных методов анализа. Выявлены закономерности поведения основных макрокомпонентов, биогенных веществ и др. Показаны особенности пространственно-временного изменения химического состава вод и их качества в условиях активного использования водных ресурсов в различных целях водопользования.

Практическая значимость. Полученная информация за многолетний период позволит продемонстрировать фоновый состав вод р. Обь в ее среднем течении и возможные его изменения, в результате многообразных видов хозяйственной деятельности в пределах исследуемой территории и разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы и изменению их природного качества.

Апробация работы. Основные положения и отдельные разделы выполненной работы докладывались и обсуждались на Международном научном симпозиуме студентов, аспирантов и молодых ученых им. Академика М.А. Усова (Томск, 2018, 2019 гг.).

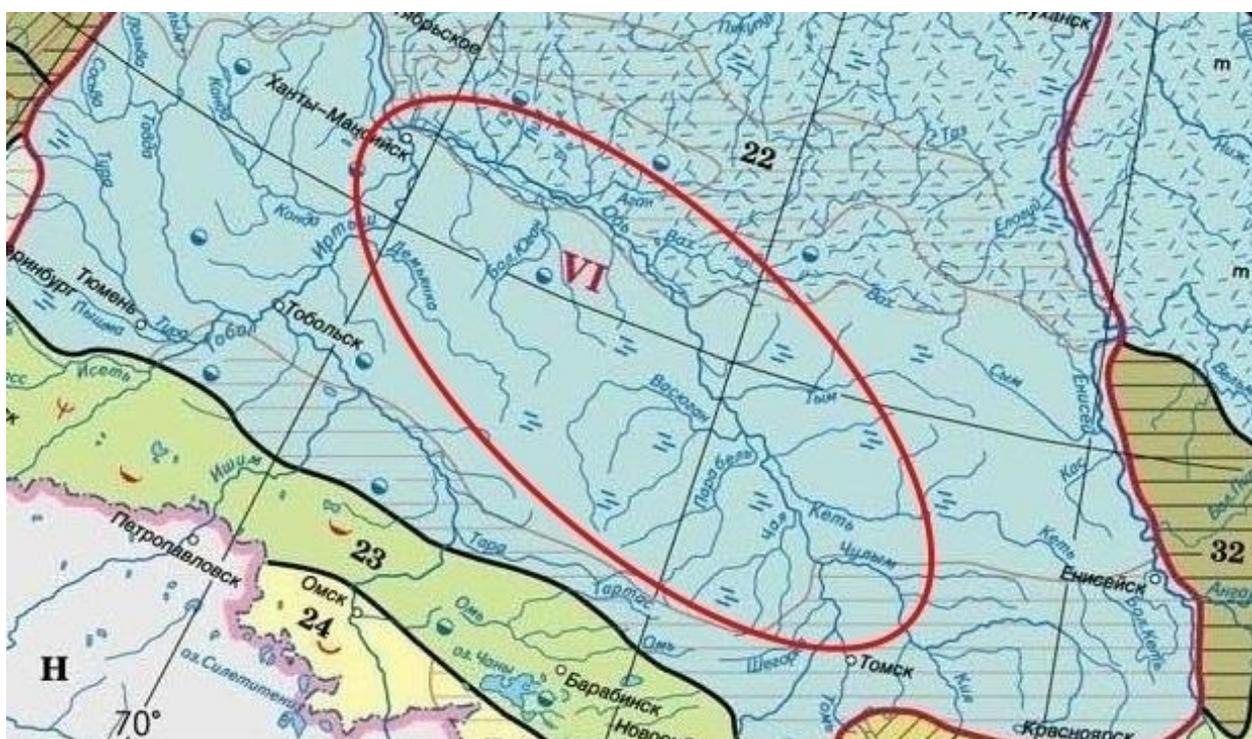
Работа выполнена в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ и является составной частью научных исследований по проблемам экологии и геохимии природных вод. По теме диссертации опубликовано 2 работы.

Объемы работ. Диссертация состоит из введения, 4 глав и заключения, изложенных на 122 страницах, включая 23 рисунка, 41 таблицу и список литературы из 81 наименования.

Глава 1 Физико-географическая характеристика исследуемой территории

1.1 Географическое положение р. Обь в среднем течении

Исследуемый участок располагается на территории Западной Сибири и представляет собой плоскую, слаборасчлененную равнину. Рельеф – таежная равнина среди низких берегов. Река Обь в ее среднем течении располагается на участке от устья р. Томи до устья р. Иртыш, проходя по территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Ее длина на этом участке составляет примерно 1500 километров. В Томской области протяженность среднего течения р. Оби составляет 972 километра. В районе с. Соснина она пересекает границу Томской области с Ханты-Мансийским автономным округом (Югрой). От границы Югры и до устья р. Иртыш длина р. Обь в среднем течении – 528 километров. Имеет такие крупные притоки, как Чулым, Чая, Кеть, Парабель, Васюган, Тым, Вах, Иртыш (рисунок 1.1) [22].



Условные обозначения:

- район исследования;
- VI** - Западная Сибирь;
- 22 - лесная область;
- ландшафт равнинный, таежный, в том числе мерзлотно-таежный и широколиственный;
- болота;
- возвышенные равнины.

Рисунок 1.1. Фрагмент карты физико-географического районирования России [15]

От устья р. Томи р. Обь поворачивает на северо-запад (до этого места река имеет северо-восточное направление движения вод) и далее, в месте впадения правого притока –

р. Чулым, резко изгибается в юго-западном направлении, но в районе озера Белое (Молчановский район Томской области) поворачивает и снова течет на северо-запад. Множественные изгибы и повороты к северо-востоку, юго-западу и югу встречаются на всем протяжении течения реки.

Северо-западное течение р. Оби сохраняется до ее слияния с правым притоком – рекой Вах. Устье р. Вах находится в 10 километрах выше по течению р. Оби от города Нижневартовска. От этого участка р. Обь принимает западное направление течения и сохраняет его до впадения в нее р. Иртыш. После впадения р. Иртыша р. Обь поворачивает на север.

В среднем течении р. Обь является равнинной рекой. Протекает она в зоне среднетаежных лесов. Для этой зоны характерны плоские заболоченные равнины и дренированные склоны, заросшие елово-пихтово-кедровой тайгой с березняками [22].

Все среднее течение р. Оби проходит по Западно-Сибирской равнине (низменности). Протекая по Томской области, река делит ее на две почти равные части. Западную часть занимают просторы Васюганской равнины, образуя левобережье р. Оби. На территории Васюганской равнины расположено Васюганское болото, являющееся самым большим в мире. В восточной части на юге расположена Чулымская равнина, от устья реки Чулым все оставшееся пространство занимает Кетско-Тымская равнина, они образуют правобережье р. Оби. На территории Ханты-Мансийского автономного округа, до впадения р. Иртыш, р. Обь протекает в пределах Среднеобской низменности. Все левобережье среднего течения реки Обь представляет собой болотистую равнину, приподнятую над уровнем моря примерно на 90 – 100 метров. Правобережье среднего течения р. Оби также является приподнятой равниной, но в отличие от левобережья это холмистая и сильно пересеченная равнина, занятая хвойными лесами.

Глубина р. Обь в среднем течении в межень составляет от 4 до 8 метров. У р. Оби малая скорость течения, типичная для равнинной реки – 0,5 – 1 м/с. В половодье скорость течения увеличивается до 2 м/с.

От города Новосибирска до устья р. Иртыша падение реки составляет 72 м, т. е. 4 см на 1 км. На этом участке Обь принимает притоки равномерно как слева, так и справа [22].

1.2 Климат

Исследуемая территория р. Обь приурочена к умеренному поясу, континентальной Западно-Сибирской, северной и центральной области (рисунок 1.2). Климат складывается под влиянием интенсивной циклонической деятельности в течение всего года [16].

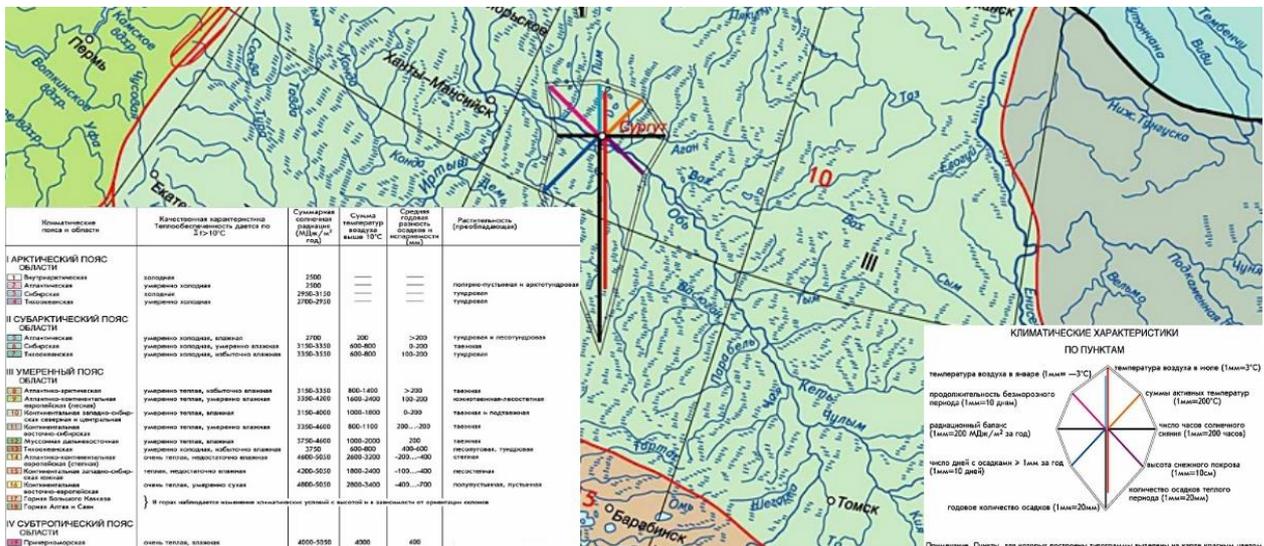


Рисунок 1.2. Фрагмент карты климатического районирования [16]

В холодный период года преобладают юго-западные ветры. Значительные колебания циркуляционного режима и смена направлений переноса воздушных масс являются причиной большого изменения температуры воздуха от суток к суткам. Зима умеренно суровая, снежная. Температура января изменяется с юго-запада на северо-восток от $-20...-21^{\circ}\text{C}$ до -29°C .

Лето умеренно теплое. В летнее время температура изменяется от 18 до 14°C с юга на север. Годовое количество осадков составляет на большей части области 600 мм. Область характеризуется избыточным увлажнением и является самой переувлажненной частью территории России. Здесь наблюдается большое скопление поверхностных вод, значительная заболоченность [16].

1.3 Рельеф и геология

По характеру рельефа большая часть территории среднего течения р. Оби представляет пониженную, слабо дренированную равнину, на которой чередуются самостоятельные низменности и возвышенности (рисунок 1.3).

Абсолютные отметки территории колеблются от 20 м на севере до 2178 м на юге [24].

Лесная зона. Для лесной зоны характерно преобладание слабодренированных плоских равнин, занятых обширными труднопроходимыми болотами и бесчисленным множеством озер. Равнинный характер рельефа местами нарушается аккумулятивно-ледниковыми грядами и холмами, а также термокарстовыми котловинами разных размеров. Речные долины имеют, как правило, надпойменные, местами двух- и трехъярусные террасы высотой до $10-15$ м, которые чередуются с гривами и замкнутыми котловинами, занятыми озерами.

Западная часть лесной зоны (левобережье р. Оби) представляет собой обширную, слабоприподнятую равнину, подвергшуюся заболочиванию, заторфовыванию и частичному

эрозионному расчленению в течение второй половины четвертичного периода. Наиболее возвышенная юго-восточная часть имеет отметки 150-170 м над уровнем моря, на севере отметки снижаются до 90 м.

Грунты левобережной территории лесной зоны представлены толщами рыхлых песчано-глинистых пород, мощность которых по долинам рек составляет около 50 м. В нижних горизонтах четвертичных отложений залегают пески с галькой из обломков твердых кристаллических пород – гранита, гнейса. Под толщами четвертичных отложений залегают неогеновые отложения, которые выходят на поверхность вдоль рек Васюгана, Парабели и др. В местах их выхода на реках образуются быстрины и перекаты [24].

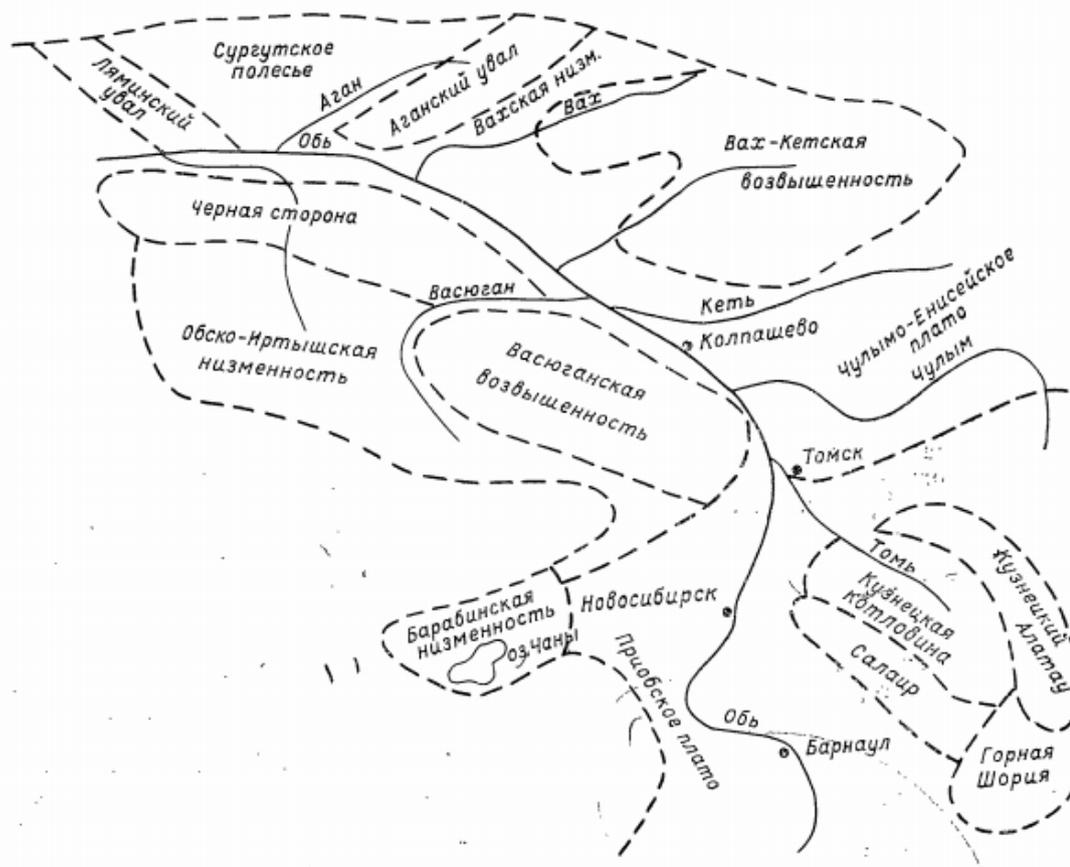


Рисунок 1.3. Схема основных орографических единиц Западно-Сибирской равнины [24]

Рельеф восточной части (правобережье р. Оби) представляет собой сочетание различных современных эрозионных форм с останцами моренного рельефа. Характерным является также наличие ложбин древнего стока. В геологическом отношении восточная часть лесной зоны сложена мощными толщами рыхлых, песчано-глинистых пород четвертичного возраста. По долинам рек и на самом востоке территории на поверхность выходят толщи палеогена и мела, которые сложены в основном глинами и алевролитами [24].

Лесостепная зона по характеру рельефа делится на две части: пониженную западную (Обско-Иртышское междуречье) с абсолютными отметками, не превышающими 170 м, и приподнятую, хорошо дренированную восточную, с высотами 420-470 м.

Геология лесостепной зоны представлена в основном палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными отложениями. Четвертичные отложения представлены песками с линзами гравия и гальки, они распространены повсеместно, мощность их достигает местами 85 м. Неогеновые отложения развиты на небольшой площади. Среди них выделяется Чеганская и Таганская свиты. Палеогеновые же отложения сплошь покрывают территорию среднего течения р. Оби [24].

1.4 Гидрогеология

Равнинная часть территории среднего течения р. Обь в гидрогеологическом отношении относится к Западно-Сибирскому бассейну, куда входят частично Иртышский, Чулымский, Обский артезианские бассейны. В пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна докембрий и палеозой перекрыты мощной слабодислоцированной толщей рыхлых отложений мезо-кайнозоя.

Геоморфологические и геологические условия характеризуемой территории определяют особенности формирования подземных вод в отдельных структурных регионах. Интенсивный дренаж подземных вод в горной области, особенно глубоко врезанными горными реками, становится затрудненным и замедленным при выходе долины р. Оби на Западно-Сибирскую равнину, что отражается количественно на подземной составляющей в общем балансе поверхностных водотоков (рисунок 1.4) [24].

Колывань-Томская складчатая зона представляет слабовсхолмленную приподнятую возвышенность с лесостепным ландшафтом. Эта зона является переходной от Салаирского кряжа к Западно-Сибирской низменности.

Палеозой, слагающий Колывань-Томскую зону, выступает на дневную поверхность у г. Камня, по левобережью р. Оби и на водоразделе Оби и Томи. Породы палеозоя представлены глинами, сланцами, песчаниками и известняками девона и карбона. В первом преобладают глинистые толщи, а в карбоне – песчаники и известняки. Палеозойские породы собраны в пологие складки и прорваны гранитами. На большей части территории верхняя часть палеозоя трещиноватая и перекрыта мезозойской корой выветривания.

На одном из участков в бассейне р. Ини вблизи ст. Тогучин имеется впадина Доронинская, в которой на палеозое залегают юрские, сильно обводненные песчаники и конгломераты. Скважины, вскрывающие эти воды, самоизливаются. Источники, выходящие в долинах притоков р. Оби, имеют дебит до 4-5 л/сек.

Породы палеозоя водообильны в верхней трещиноватой зоне песчаников, сланцев, известняков, а также на участках с тектоническими трещинами. В скважинах подземные воды вскрываются в понижениях на глубине 3-7 м и на водоразделах на глубине 13-16 м. Воды напорные. В речных долинах и балках подземные воды выходят в виде источников с дебитом до 1 л/сек. Редко в местах пересечения долинами тектонических зон и на участках развития известняков зафиксированы выходы подземных вод с дебитом 2,5 л/сек и более [24].

В глинистых сланцах и песчаниках Горловского месторождения каменных углей водообильность пород весьма слабая.

Гранитные массивы до уровня дренирования обычно не обводнены. Подземные воды обнаруживаются на глубинах 80-100 м в случае вскрытия отдельных тектонических трещин.

Питание подземных вод Колывань-Томской складчатой зоны происходит за счет атмосферных осадков, легко проникающих в трещиноватые породы палеозоя, особенно там, где они непосредственно выходят на поверхность или перекрыты маломощными проницаемыми четвертичными отложениями. Поток подземных вод направлен к местным речным долинам. Общая направленность подземного стока: на юго-западе - в сторону Кузнецкой котловины, на востоке – к р. Оби и Западно-Сибирской низменности.

Подземные воды в зоне дренажа поступают в аллювиальные отложения террас, где находятся в гидравлической связи с рекой или непосредственно выходят в русла рек.

Коэффициент подземного стока в пределах региона составляет 3-5%, величина подземного стока составляет 10-20% речного, модуль подземного стока – до 1,5 л/сек км² [24].

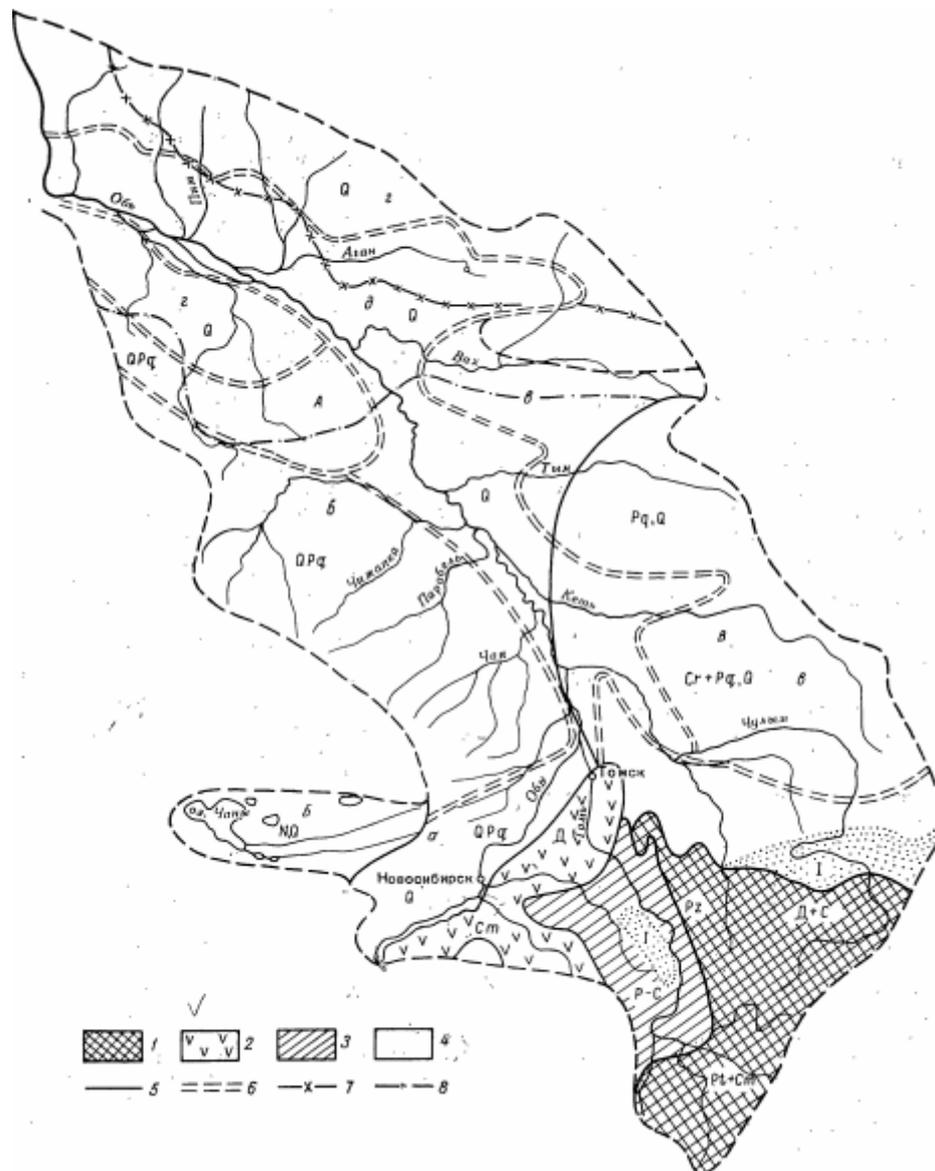


Рисунок 1.4. Гидрогеологические регионы бассейна Средней Оби [24]

- I. Горная территория: 1 – Кузнецкий Алатау и Горная Шория, 2 – Салаирский кряж и Колывань-Томская складчатая зона, 3 – Кузнецкая котловина (артезианский бассейн);
- II. Равнинная территория: 4 – Западно-Сибирский артезианский бассейн: А – Обский артезианский бассейн: а – Приобское плато, б – Васюганское плато, в – приледниковая озерно-аллювиальная равнина, г – слабохолмистая равнина, д – аллювиально-террасовая равнина; Б – Иртышский артезианский бассейн; В – Чулымский артезианский бассейн; 5 – граница артезианских бассейнов, 6 – граница геоморфологических районов, 7 – южная граница многолетней мерзлоты, 8 – граница наибольшего материкового оледенения

Западно-Сибирская равнина представляет сложный артезианский бассейн, где на докембрийских и палеозойских породах полого залегает мощная толща морских и континентальных мезозойских и кайнозойских отложений со слабым падением к центральной части.

Бассейн средней Оби здесь охватывает территорию, расположенную в основном в пределах Обского артезианского бассейна (средней его части) и частично в Иртышском и Чулымском бассейнах.

В окраинных частях палеозой выходит на поверхность, а на севере и северо-западе погружается на глубину 2800-3000 м и более. На палеозое и докембрии залегают юрские отложения. В центральной части впадины подземные воды юры вскрываются на глубине более 2100 м. Они имеют температуру выше 100°C, соленые, с содержанием плотного остатка 21-62 г/л. В юго-восточной части бассейна юрские породы близко подходят к дневной поверхности.

В перекрывающих юру меловых породах выделяется до семи обособленных водоносных горизонтов, приуроченных к песчаникам отдельных свит. Глубина вскрытия их изменяется от 2110 м в центре бассейна до 160 м в окраинной зоне (Чулымский артезианский бассейн). При глубоком залегании воды имеют минерализацию до 15,0 г/л и температуру до 63°C. Водоносные горизонты высокодебитные, высоконапорные с уровнем до 23 м над поверхностью земли [24].

Выше меловых отложений залегают опоковидные глины с маломощными прослоями глинистых песков, относящихся к верхнему мелу и нижнему палеогену. Мощность этих глин достигает 500 м. Указанные выше водоносные горизонты в пределах рассматриваемой части бассейна р. Оби в питании рек практически не участвуют. Области питания и дренажа этих глубоких высоконапорных водоносных горизонтов лежат вне границ бассейна.

Водоносные горизонты в отложениях палеогена, неогена и четвертичных осадках залегают до глубины 300 м. Эти горизонты, приуроченные к песчаным породам, разделены глинистыми пластами. Но местами, там, где литологический состав пород пестрый, некоторые водоносные горизонты взаимосвязаны. Подземные воды в отложениях кайнозоя в той или иной мере поступают в речную сеть. Судя по наблюдениям за направлением грунтовых потоков, питание рек происходит главным образом за счет верхних водоносных горизонтов [24].

Территория Обского артезианского бассейна, примыкающая к долине р. Оби, и участки склонов Колывань-Томской складчатой зоны называются Приобским плато и относятся к лесостепной зоне. Средняя высота Приобского плато 250-300 м. Верхний комплекс отложений, слагающих плато, представлен суглинками, супесями с тонкими прослоями песка. Грунтовые воды на плоских водоразделах залегают на глубине 5-10 м, а в понижениях – 1-3 м от поверхности. Водоносные горизонты в зоне дренажа дают слабые выходы подземных вод, в основном прослеживаются лишь мочажины.

Ниже, на глубинах 50-100 м, распространены подземные воды в отложениях неогена, преимущественно пресные. В местах, где водоносные горизонты вскрываются рекой или выходят в аллювиальные отложения террас, они питают реку. Но доля подземного стока из всего водоносного комплекса четвертичных, неогеновых и более

глубоких водоносных горизонтов по сравнению с речным весьма невелика и составляет 10-20%, а коэффициент подземного стока 3-8% [24].

В пределах *Васюганского плато* неогеновые и палеогеновые породы выходят на дневную поверхность или перекрываются обводненными четвертичными песками и галькой мощностью до 30-50 м. Гидрогеологические условия региона не изучены. С этого заболоченного плато берут начало многие притоки р. Оби и реки, питающие оз. Чаны. Питание рек происходит как за счет снеготаяния, так и за счет дренирования грунтовых вод четвертичных и более глубоких водоносных горизонтов.

По минерализации подземных вод в северной части Барабинской низменности, граничащей с Васюганским плато, и гипсометрическому положению водоносного горизонта палеогена, установлено, что для водоносных горизонтов некрасовской серии это заболоченное плато также является областью питания.

Величина подземного стока в пределах Васюганского плато составляет 20-40% от общего речного, а коэффициент подземного стока – 5-10% [24].

В границы Обского артезианского бассейна также входят *приледниковая озерно-аллювиальная и слабохолмистая равнины*, расположенные к северу и северо-западу от Васюганского плато. Эта равнина относится к зоне избыточного увлажнения. Часть ее, расположенная севернее 60° с. ш., относится к поясу площадного распространения многомерзлотных пород, где ниже деятельного слоя подземные воды находятся в мерзлом состоянии. Южнее широко распространены ледниковые и водно-ледниковые валунные суглинки, и флювиогляциальные пески Самарского оледенения. Значительное распространение имеют и четвертичные озерно-аллювиальные и аллювиальные отложения. В целом для этого района мощность песчано-галечниковых пород составляет 50 м и более. Вся обводненная толща представляет единый водоносный комплекс.

Водоносный комплекс четвертичных отложений дренируется многочисленными долинами рек, берущих начало с Сибирских увалов, и озерами. Под обводненными четвертичными осадками вскрывается олигоценый напорный водоносный комплекс.

В пределах этих заболоченных равнин величина подземного стока, как правило, составляет 30-40% от общего речного, а коэффициент подземного стока – 10-20% [24].

В *Иртышский артезианский бассейн* в пределах рассматриваемой территории входит узкая полоса Барабинской лесостепи. Здесь под маломощными озерно-аллювиальными осадками залегают отложения неогена. Грунтовые воды распространены повсеместно и приурочены к суглинкам, торфам, реже к супесям и пескам. Глубина залегания грунтовых вод на пониженных участках 0-3 м, а на повышенных и гривах – 6-8 м. Состав грунтовых вод пестрый, преобладают минерализованные воды с плотным остатком.

Водоносный горизонт неогена вскрывается на глубине 10-60 м в песках кочковской свиты. Воды имеют минерализацию до 3 г/л.

Режим грунтовых вод в четвертичных и неогеновых отложениях зависит от хода осадков и снеготаяния. Грунтовый поток направлен в сторону оз. Чаны и долины р. Оби. Дебит водоносных горизонтов низкий [24].

Чулымский артезианский бассейн граничит с Обским и расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. В нем широкое развитие имеют водоносные комплексы юры, мела и палеогена. Юрские породы выходят на поверхность на границе с горными сооружениями. На севере юра перекрывается меловыми, а затем и палеогеновыми осадками. Водоносные комплексы приурочены к пескам и гравелитам. Воды высоконапорные. На породах палеогена и мела залегают четвертичные приледниковые озерно-аллювиальные осадки. Эти четвертичные обводненные толщи, имеющие мощность до 100 м, представляют особое значение для питания нижнего течения р. Чулыма.

В этом бассейне величина подземного стока составляет 10-30% речного, а коэффициент подземного стока – 5-8%.

В пределах Западно-Сибирского артезианского бассейна выделяется в особый гидрогеологический район аллювиальная равнина. Это широкая долина р. Оби и долина ее крупных притоков, выполненные аллювиальными осадками. Подземные воды залегают здесь на глубине 0-23 м в зависимости от высоты поверхности террас. На надпойменных террасах воды напорные. Дебит источников чаще всего 0,5-4,0 л/сек. прослеживается также ряд древних ложбин стока, выполненных обводненными песками. Эти подземные воды в значительной степени накапливаются за счет дренирования водоносных горизонтов и комплексов, окружающий территории. Аллювиальные воды террас систематически или в определенные периоды питают речную систему, частично выравнивая долю подземного стока в водном балансе Обского бассейна [24].

На большей части Западно-Сибирской равнины в формировании подземного стока принимают участие водоносные комплексы, залегающие выше отложения чегана (верхнего мела и нижнего олигоцена). Особенно это относится к водоносным горизонтам четвертичного периода и неогена, а в окраинных зонах – частично олигоцена. На отдельных участках окраин Западно-Сибирского артезианского бассейна в подземном стоке участвуют воды верхней трещиноватой зоны палеозоя, а также воды юрских и меловых отложений, находящихся в зоне интенсивного водообмена.

В бассейне средней Оби на равнинной части территории отмечается общая зависимость величины подземного притока в реке от климатических условий, в первую очередь от распределения атмосферных осадков, изменение которого отражает общую

географическую зональность природных условий на Западно-Сибирской низменности: уменьшение осадков и увеличение испарения с севера на юг.

В северной части территории, в бассейнах правобережных притоков р. Оби, имеет место относительно большая величина модуля подземного стока в реки – до 2,5-3,5 л/сек км² (реки Надым, Лямин, Пим и др). Это обусловлено благоприятным сочетанием климатических и гидрогеологических условий. Подземный сток реки формируется из толщи флювиогляциальных и озерно-аллювиальных песчаных отложений, характеризующихся большой водообильностью. На этой территории доля подземного стока в общем речном стоке составляет около 40-50% при коэффициенте подземного стока порядка 15% [24].

Особенности формирования подземного питания левых притоков р. Оби в этой северной части определяются развитием в их бассейнах выпуклых олиготрофных (верховых) болот (реки Большой Юган, Васюган и др.). Для территории с болотами верхового типа отмечается уменьшение подземного притока в реки с увеличением заболоченности, что связано с большим сбросом талых и дождевых вод склоновым стоком по деятельному горизонту, подстилаемому слоем торфяной залежи с весьма малыми коэффициентами фильтрации, повышенным испарением с поверхности болот, а также малой глубиной вреза речных долин.

Дальнейшее уменьшение подземного стока в реки к югу определяется уменьшением осадков и увеличением испарения в сочетании с указанными выше гидрогеологическими особенностями бассейна – глубоким залеганием основных водоносных горизонтов, области питания которых расположены в южной горной части территории. Однако уже в бассейне нижнего течения р. Томи подземный сток в реке снова повышается, но его величина здесь не превышает 20% общего речного стока.

Подземное питание рек с модулями более 2 л/сек км² в юго-восточной горной части бассейна Средней Оби, как указывалось выше, в основном определяется гидрогеологическими особенностями Кузнецкого плато и Горной Шории, а также орографическим увеличением атмосферных осадков в этих районах (высотная поясность). В верховьях горных рек подземный приток может достигать в отдельных случаях 7-9 л/сек км² при коэффициенте подземного питания около 20% и коэффициенте подземного стока 20-28% [24].

1.5 Гидрологический режим

От верховьев к нижнему течению водный режим р. Обь постепенно переходит от алтайского типа к Западно-Сибирскому. Питание реки преимущественно снеговое. р. Обь является третьей рекой России (после рек Енисея и Лены) по годовому объёму стока воды – 403 км³. При слиянии р. Бии и Катунь сток составляет 36 км³. Водоносность реки

значительно возрастает ниже впадения р. Томь, доставляющей в р. Обь 37,8 км³ в год. Следующий скачкообразный рост водоносности реки происходит в устье р. Иртыша, где сток реки увеличивается на 89,9 км³ в год.

Для р. Обь характерно сравнительно невысокое и растянутое весенне-летнее половодье, повышенный сток летне-осеннего периода и низкая зимняя межень. В верхнем течении отмечаются две волны половодья: первая обусловлена таянием снега на равнине; вторая – результат таяния горных снегов и ледников. Весеннее половодье в среднем течении отличается растянутостью и отсутствием резких пиков, максимальные расходы воды превышают средние годовые не более чем в 3-4 раза. Начинается половодье в начале 2-й половины апреля и продолжается с нарастающими дождевыми паводками иногда в течение всего тёплого полугодия. Пик половодья обычно наблюдается в начале июня [24].

1.6 Почва

Почвенный покров описываемой территории характеризуется большой пестротой (рисунок 1.5). В лесной зоне на водосборах рек Агава, Ваха, Тыма, Кети, Васюгана, Парабели, Чаи основным являются почвы подзолистого типа на песчаных, супесчаных, глинистых и тяжелосуглинистых отложениях. Плоские обширные междуречья рек Кети, Тыма, Васюгана, Ваха заняты сфагновыми и сфагнуво-гипновыми болотами с торфяно-подзолистыми глеевыми почвами, развитыми на песчаных и супесчаных отложениях.

На юге и юго-востоке лесной зоны, в бассейнах рек Чулыма, Томи, Шегарки широко распространены серые лесные почвы в сочетании с черноземно-луговыми и отчасти с выщелоченными и подзолистыми черноземами на тяжелосуглинистых глинистых отложениях. Заболоченные участки встречаются редко благодаря хорошему дренажу [24].

В лесостепной зоне основными почвами являются черноземы: оподзоленные, выщелоченные, частично обыкновенные и душно-черноземные в комплексах с солонцами.

В бассейне р. Ини распространены слабо-выщелоченные тучные, средние или маломощные черноземы тяжелосуглинистого механического состава. Отдельные участки долин заболочены, засолены.

В Обско-Иртышском междуречье господствующее положение занимают почвы засоленного типа, представленные серыми лесными глеевыми, лугово-черноземными, луговыми, болотными, солончаками, солонцами и солодями.

На широко дренированных пространствах Приобского плато основными типами почв являются черноземы с подтипами оподзоленных, выщелоченных, обыкновенных и серых лесных.

В Кузнецком Алатау, Шории, Кузнецкой котловине и Салаирском кряже представлены различные почвенные разности от горно-тундровых в высокогорном поясе до черноземов обыкновенных и выщелоченных в предгорьях.

В долинах р. Оби и ее крупных притоков распространены аллювиальные слаборазвитые, луговые, лугово-болотные и болотные почвы легкого механического состава [24].

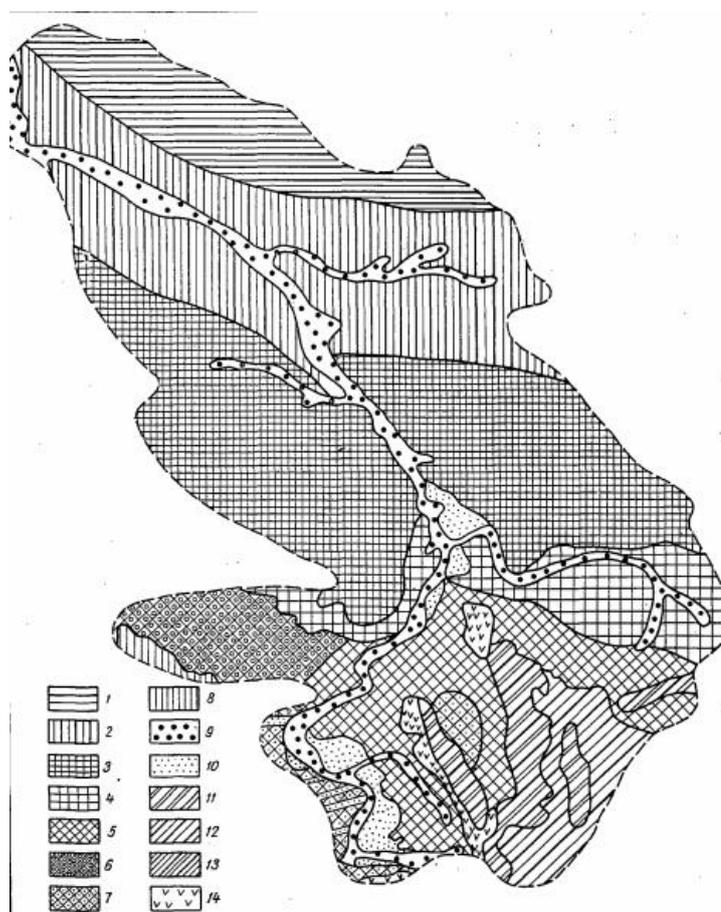


Рисунок 1.5. Карта почв (по данным Института почвоведения и агрохимии СО АН СССР) [24]

Почвы равнинной территории: 1 – глеево-подзолистые песчаные и супесчаные, торфяники и торфяно-глеевые; 2 – подзолистые, подзолисто-болотные, песчаные и супесчаные, торфяники и торфяно-глеевые; 3 – дерново-подзолистые, суглинистые, песчаные подзолы и болотные; 4 – серые лесные, лугово-черноземные, солоды, лугово-болотные и болотные; 5 – серые лесные оподзоленные и выщелоченные черноземы; 6 – выщелоченные и оподзоленные черноземы, лугово-черноземные, луговые солонцеватые, болотные и луговые солонцы; 7 – обыкновенные черноземы, лугово-черноземные, луговые солонцеватые и солонцы степные; 8 – промытые черноземы легкого механического состава, южные суглинистые и тяжелосуглинистые черноземы, солонцы степные и солончаки; 9 – аллювиальные слаборазвитые, лугово-болотные и болотные легкого механического состава; 10 – дерново-слабоподзолистые супесчаные. Почвы горной территории: 11 – горно-тундровые и горно-луговые; 12 – слаборазвитые маломощные дерновые кислые, горно-подзолистые, поверхностно-глееватые, длительно мерзлотные; 13 – горно-лесные бурые глубоко-оподзоленные, горно-лесные черноземовидные; 14 – темно-серые лесные, черноземы оподзоленные и выщелоченные, лугово-черноземные, аллювиальные луговые, лугово-болотные и болотные [24].

1.7 Растительность

Растительный покров лесной зоны представлен в основном темнохвойными лесами, приуроченными к речным долинам и приречным частям равнины, и сфагновыми болотами с незначительным распространением луговой растительности. Леса состоят из ели сибирской, пихты сибирской и кедра сибирского с примесью березы и осины, реже лиственницы и сосны. На водоразделах темнохвойные леса встречаются по холмам и

гривам. Главной причиной такого распространения их в условиях сибирской тайги является плохая дренированность и заболоченность водоразделов.

Крайний юго-восток лесной зоны покрыт осиново-березовыми лесами. Встречаются здесь и сосновые боры [24].

В долинах р. Оби и ее главных притоков (реки Томь, Тым, Кеть и др.) распространены пойменные луга, а в долинах мелких рек – суходольные разнотравно-злаковые и заливные луга, занятые луговой, болотной и лесной растительностью. В северных районах в связи с продолжительным стоянием воды на пойме видовой состав растительности обеднен.

Для лесостепи характерно чередование открытых пространств с отдельными березняками, которые на севере сливаются почти в сплошные леса. В этой зоне часто встречаются небольшие сфагновые болота с угнетенной сосной. В составе растительности лесостепных лугов, приуроченных к гривам и возвышенным участкам, около 20% степных растений. Наряду с присутствием степных форм здесь значительно развита галофитная (солонцеватая) растительность.

С продвижением на юг лесостепной зоны виды растительного покрова начинают зависеть от характера рельефа: в западинах развиты колки, на гривах водоразделов – остепененные луга, а на пологих склонах грив – солонцеватые сообщества. В понижениях встречаются различные типы болот, сырых лугов и солончаков. В бассейнах рек Каргата и Чулыма простирается займищно-лугово-солончаковая полоса. Ее растительный покров отличается преобладанием болотных, луговых и лугово-солончаковых, а частью и лугово-лесных видов растительности. Островки лугово-лесной растительности приурочены к наиболее повышенным частям рельефа. В этой части территории распространены обширные займища, т. е. заросшие тростником озера, местами с островками сфагновых болот, осоковых кочкарников и солонцеватых лугов.

Кузнецкая котловина почти вся занята березовой лесостепью. В центральной ее части и частично на северо-востоке Кузнецкого Алатау лесостепь сменяется ковыльно-разнотравной степью с редко разбросанными березово-осиновыми колками.

Для Салаирского кряжа и Кузнецкого Алатау характерно развитие формаций черневой тайги, в древостое которой преобладает пихта и осина с подлеском из крупных кустарников – черемухи, рябины, сибирской калины и высокого травяного покрова. В бассейне р. Кондомы расположен реликтовый «липовый остров» площадью около 150 км², рассматриваемый как остаток растительности третичного периода.

Распределение растительного покрова по территории показано на рисунке 1.6 [24].

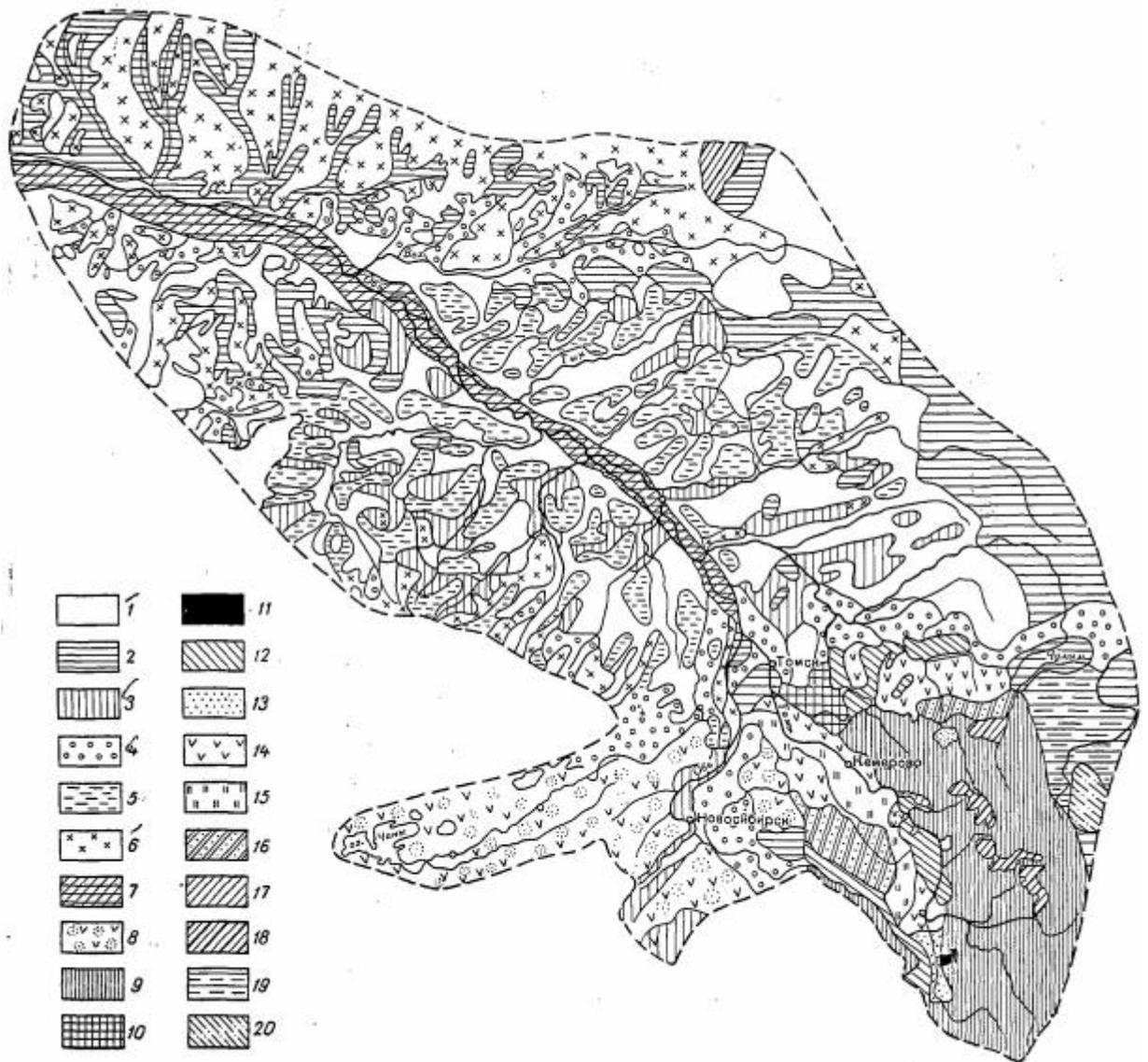


Рисунок 1.6. Карта растительности [24]

1 – Лиственнично-елово-кедровые, елово-пихтовые и пихтово-кедровые леса с примесью березы и осины в сочетании со сфагновыми болотами; 2 – западно-сибирские северо-средние и южно-таежные сосновые леса, местами в сочетании со сфагновыми болотами; 3 – смешанные леса (березово-хвойные, осиново-хвойные) и таежные березняки; 4 – березовые и осиновые леса в сочетании с хвойными лесами, лугами и травяными болотами; 5 – болота моховые сфагновые водораздельные; 6 – болота низинные травяные и мохово-травяные лесные и открытые; 7 – пойменные луга с зарослями тальников и других кустарников; 8 – солончаково-луговая, солонцовая и лугово-болотная растительность, сельскохозяйственные земли и березовые колки лесостепной зоны; 9 – черневая тайга Кузнецкого Алатау и Салаирского кряжа; 10 – темнохвойная тайга; 11 – реликтовые черневые леса «липовый остров»; 12 – березово-осиновые леса; 13 – высокотравные таежные луга; 14 – лесостепь (залесенность более 50%); 15 – лесостепь (залесенность менее 50%); 16 – разнотравные дерновинно-злаковые степи; 17 – болота и заболоченные долинные леса; 18 – горные тундры и разреженная растительность гольцов; 19 – луговые степи с сосново-березовыми лесами; 20 – сухие степи.

Глава 2 Пространственно-временная изменчивость химического состава поверхностных вод бассейна р. Обь

2.1 История исследований вод бассейна р. Обь

Первые достоверные упоминания о р. Обь появились в русских летописях в начале XV века и были основаны на донесениях землепроходцев. Эти сведения опубликовал в 1549 г. Сигизмунд Герберштейн – австрийский дипломат, писатель и историк. В 1627 г. в книге «Большому Чертежу» была опубликована карта Западной Сибири с изображением Оби. А в 1730 – е годы были опубликованы первые научные описания о реке Оби немецким естествоиспытателем, путешественником и исследователем Сибири и Урала – Иоганном Георгом Гмелиным. С тех пор началась активная индустриализация на территории бассейна р. Обь. Распространение торговли повлекло за собой увеличение торговых пунктов вдоль реки и вместе с тем начали развиваться речные торговые пути, по которым люди доставляли различного рода товар на продажу [23].

В 1844 году по р. Оби начало осуществляться пароходство. К 1895 году насчитывалось уже 120 пароходов, осуществлявших рейсы по р. Оби и её притокам, большая их часть принадлежала частным владельцам. С 1923 года перевозка пассажиров и грузов по р. Оби осуществлялась Западно-Сибирским речным пароходством (Обь-Иртышское речное пароходство) [23].

В период с конца XIX – начала XX вв. были составлены более подробные карты р. Оби на большую её часть. И в это время на реке начали проводиться регулярные гидрологические наблюдения (посты в г. Колпашево и с. Александровском) [23].

Со второй половины XX века в связи с началом освоения нефтегазового дела началось более углубленное изучение бассейна реки. Большой вклад был внесен Государственным научным центром «Арктический и антарктический научно-исследовательский институт» [29], которым было проведено множество экспедиций различных направлений.

Процветание нефтегазового промысла повлекло за собой интерес ученых к изучению воздействия различных факторов на воды р. Обь. Научные исследования различных направлений на территории бассейна этой реки до сегодняшнего дня не утратили своей актуальности.

В сборнике научных трудов «Речной сток Обского бассейна и его использования» [2], опубликованного в 1986 г., рассмотрены вопросы, касающиеся гидрологического режима реки Оби, а также использования ее вод в водохозяйственных целях.

Внутригодовое распределение речного стока является одной из возможных причин изменения химического состава поверхностных вод. Данный вопрос рассмотрен в работе Г.А. Орловой и В.М. Савкина [2]. В своей работе они использовали расчет внутригодового

распределения стока по методу реальных лет для различной водности – 5, 25, 50, 75 и 95 % обеспеченности. В результате выяснили, что внутригодовое распределение стока имеет различные значения из-за широтной зональности, а также из-за влияния водохранилищ.

В 1999 г. была проведена международная экологическая экспедиция «Пойма-99» в рамках выполнения проекта «Исследование техногенных и природных факторов в формировании экосистем в пойме реки Обь» В. В. Зуева и академика В. Е. Зуева. Результатом экспедиции стал сбор данных по комплексу факторов, которые включают в себя: аэрозольно-газовый состав воздуха; элементный, геохимический состав и параметры речной воды; пойменные биота и почва; метеорологическая ситуация [31].

По полученным в ходе экспедиции данным Н. П. Красненко и П. Г. Стафеевым была исследована изменчивость метеорологических и турбулентных характеристик приводного слоя атмосферы по р. Обь (от г. Томска до г. Ханты-Мансийска) [12].

Наряду с этим в 2000-е годы значительная часть публикаций представляет информацию по гидрохимическому стоку среднего течения р. Обь. Прежде всего это работы Савичева О.Г. В статье «Гидрохимический сток в бассейне Средней Оби и условия его формирования» [17] О.Г. Савичев рассматривал гидрохимический сток как составную часть во взаимодействиях геосфер. Результат исследований показал, что основная часть стока представлена макрокомпонентами и трудно-окисляемыми органическими веществами, сформированных под действием природных факторов. Причинами изменения гидрохимического стока являются заболачивание территории, а также антропогенная составляющая в виде сброса сточных вод.

В 2008 году О.Г. Савичевым и А.О. Ивановым была представлена работа об атмосферных выпадениях в бассейне средней Оби и их влиянии на гидрохимический сток рек за период с 1970 по 2000-е гг. [18]. Исследуемый интервал времени характеризуется условно постоянным уровнем воздействия атмосферного загрязнения вод, соответственно и стабильным химическим составом. Были выполнены расчеты, согласно которым влияние атмосферных осадков на гидрохимический баланс среднего течения р. Оби является очень важным, так как атмосферная составляющая выноса с речными водами равна примерно 37,4% для макроэлементов и 16,3% для органического углерода.

С.В. Темерев в 2008 г. в своем автореферате на тему «Эколого-химической оценки состояния водных систем бассейна реки Оби» [27] представил исследования о наличии загрязняющих веществ и источниках их поступления в воды бассейна Оби. На основе результатов исследования микроэлементов им было установлено, что основные источники загрязнения имеют антропогенный характер и поступают в нижнюю Обь с водосборов притоков таких рек как Томь, Чулым и особенно Иртыш. В створах этих рек наблюдается повышенное содержание в основном железа, марганца, цинка, меди, свинца и кадмия.

Также выявлено наличие вторичного загрязнения вод нефтепродуктами от донных осадков в районах городов Сургут и Нижневартовск [27].

В 2010 г. были опубликованы материалы Третьей всероссийской конференции с международным участием в городе Барнаул. На этой конференции было представлено несколько работ касаясь бассейна р. Обь: выявление пространственных закономерностей распределения годового стока; а также выявление групп ландшафтно-экологических факторов, влияющих на качество формирующихся вод в бассейне р. Оби.

Е.А. Коробкин [10] использовал методы статистической обработки данных для выявления пространственных закономерностей распределения годового стока рек. В частности, использовался анализ пространственно-корреляционной функции, на основе которой выполнялся анализ пространственной однородности данных годового стока бассейна р. Оби. Данный анализ выявил неоднородность территории бассейна.

В работах Ю.М. Цимбалей и И.Н. Ротановой [10] представлены основные группы ландшафтно-экологических факторов, которые, по их мнению, влияют на качество формирующихся вод в бассейне р. Оби. К таким факторам они отнесли: климатические, гидрологические, биотические и геоморфологические. Так, в бассейне реки Оби наблюдается четкая закономерная последовательность смены географических и соответственно климатических зон, разнообразие в геоморфологическом отношении, а также высокая увлажненность большей части территории бассейна р. Оби, что характеризуется высокой биопродуктивностью.

В настоящее время исследования по изучению особенностей состава вод р. Оби, их изменения в условиях антропогенной нагрузки, в связи с освоением арктического шельфа и пр. не потеряли своей актуальности.

2.2 Особенности использования и факторы негативного воздействия на воды р. Оби в ее среднем течении

Река Обь одна из самых крупных рек мира и ценный природный ресурс России. Она формирует уникальные природные комплексы, является потенциальным источником для развития экономики регионов, находящихся в пределах Обского бассейна и прилегающих к ней территорий.

Исторически люди селились на берегах рек, используя ее ресурсы для своих нужд. С течением времени поселения разрастались и на сегодняшний день на берегу р. Обь мы видим крупные города с развитой инфраструктурой, использующие для своих нужд огромные объемы воды. р. Обь - важный судоходный узел, рекреационный комплекс, источник хозяйственно-питьевого назначения и др. Все это безусловно влияет на экологическую обстановку реки и ее бассейна. Для того, чтобы поддерживать природную

структуру р. Обь, необходимо: сфокусироваться на изучении экологических аспектов, расширять знания и понимание вытекающих из них проблем и уметь создать надежные прогнозирующие модели для уменьшения антропогенного воздействия и поддержания благоприятной экологической обстановки на реке. В связи с этим, необходимо изучение особенностей использования вод р. Оби.

Промышленность. В конце 1960-х годов на территории бассейна реки Оби было начато формирование Западно-Сибирского территориально-промышленного комплекса (ТПК), базой которого стали огромные запасы нефти и газа. Крупнейшими месторождениями Западно-Сибирского ТПК являются – Уренгой, Заполярное и Ямбург, с которых большая часть ресурсов транспортируются в другие регионы России, а также страны СНГ и дальнего зарубежья. Другая часть отправляется на переработку в крупные нефтехимические комплексы, основные из которых расположены в городах Томск, Нижневартовск и Сургут [28].

Добыче и транспортировке нефти и газа сопутствует сильное загрязнение окружающей среды вредными химическими компонентами. При добыче нефти происходит загрязнение буровым шламом, буровыми сточными водами (буровой раствор), мазутом, твердыми бытовыми отходами, нефтешламом, образуются парафиновые пробки и отработанные масла. На поверхность земли при этом сбрасываются высокоминерализованные подземные воды (буровые сточные воды), которые отличаются высокой подвижностью и способностью к аккумуляции загрязняющих веществ. Стоки данных вод заражают огромные территории как земной, так и водной поверхности. При транспортировке из-за нарушения герметичности труб или контейнеров часто происходят разливы нефти и газа (утечки), образуются нефтешламы, кристаллогидратные пробки, отработанные масляные фильтры и твердые фильтрационные материалы. Если нефть попадает в реку, то на ее поверхности происходит образование тонкой дисперсной пленки, из-за которой кислород перестает поступать в воду, нарушается температурный режим и происходит массовая гибель флоры и фауны [28].

Переработка углеводородного сырья сопровождается образованием таких отходов, как нефтешламы, кислый гудрон, отработанные катализаторы, адсорбенты, шлам от очистки загрязненных масел, а также шлам от очистки оборудования, емкостей, молекулярных сит и т.д. [28].

На всех этапах работы с нефтепродуктами и газом со сбросами сточных вод в р. Обь попадают множество опасных для благоприятной среды компонентов. Например, нефтешламы, состоящие из органической и минеральной частей, то есть в воду попадают нефтепродукты, присадки, ПАВы, карбонаты кальция и магния, гидроксиды алюминия, железа и кальция. Сточные воды, используемые на перерабатывающих предприятиях,

после очистки сбрасывается в реку. Однако, полностью очистить их от загрязняющих веществ невозможно и поэтому в р. Обь попадают фенолы, бензолы, алканы, алкены и др. токсичные соединения [13].

Попадающие в р. Обь химические компоненты оказывают на ее обитателей канцерогенный, мутагенный и тератогенный эффекты, приводящие к их гибели. В результате возможно скапливание органического вещества, что приведет к процессу гниения и отравления воды. Также имеет место быть способность к накоплению в организмах речных обитателей вредных химических веществ от сброса сточных вод, которая в результате потребления людьми приводит к отравлению [13].

Энергетика. На территории среднего течения р. Оби расположены крупные государственные районные электрические станции (ГРЭС) в городах Сургут и Нижневартовск, мощность которых составляет 3268 МВт [20] и 1600 МВт [19] соответственно. Попутный нефтяной газ – основной вид топлива на станциях.

ГРЭС в больших объемах использует воду из р. Оби для охлаждения турбин, очистку систем и т.д. Вода, в процессе использования на очистку систем, насыщается раствором соляной кислоты, едким натром, солями аммония, нефтепродуктами и их составляющими. После этого воды сбрасываются обратно в реку.

Помимо загрязнения вод р. Оби химическими компонентами происходит изменение ее температурного режима при использовании воды в качестве тепловой энергии. При сбросе использованных вод, температура которых повышена более чем 5° по сравнению с температурой окружающей среды, происходит изменение биологической составляющей экосистемы реки. Это приводит к тому, что живые организмы видоизменяются в несвойственной ей среде, либо начинают мигрировать в места с наиболее благоприятными условиями для проживания (характерно для хладнокровных рыб, которые не могут приспособиться к изменяющимся условиям обитания). На ряду с этим изменяется кормовая база водных обитателей, увеличивается разнообразие и количественное содержание фитопланктона, усиленно начинают развиваться и расти водоросли за счет увеличения содержания кислорода в воде, что приводит к «цветению» воды, а также к увеличению значения рН и появлению в воде токсических агентов [30].

Повышение температурного режима речных вод сопровождается нарушением их светового режима из-за того, что в местах сброса подогретых вод не формируется ледовой покров в зимнее время [30].

Сельское хозяйство. Землепользование в водосборном бассейне, включающее распашку почв, вырубку лесов, выпас скота и пр. влияет на количество и качество стока. Проблемы загрязнения речных вод от сельского хозяйства усиливаются из-за того, что в

данной отрасли невозможно использовать очистные сооружения, которые смогли бы уменьшить сток загрязненных вод в реки [36].

Основное развитие сельскохозяйственной деятельности сосредоточено в Томской и Омской областях [35]. Распашка почвы и вырубка деревьев, для увеличения площади посева, вблизи р. Обь приводят к нарушению ее береговой линии, за счет чего увеличивается и береговой (поверхностный) сток химических компонентов с полей. С дождевыми водами с полей в р. Обь стекают компоненты, содержащиеся в удобрениях – биогенные элементы (азот, фосфор, сера), пестициды и продукты их распада, тяжелые металлы (кобальт, кадмий, цинк), нитраты и т.д. [35]. Также с поверхностных стоков в реку попадают и отходы жизнедеятельности скота, выпас которого происходит вблизи берега реки. В реку попадают различные органические вещества в больших количествах, которые приводят к уменьшению кислорода в воде, вследствие чего происходит видовое изменение речных обитателей или приводит к их гибели. Помимо этого, увеличивается мутность рек, ухудшаются условия водопользования в различных целях [30].

Лесопромышленные комплексы. Лесные ресурсы позволили создать в пределах Обского бассейна крупные лесопромышленные комплексы в г. Асино, Сургут, Колпашево и др., которые включают лесное хозяйство, лесозаготовку и деревообработку. Их главная особенность - фанерное производство. Часть древесины продаётся за границу [26].

Вырубка лесов в огромных количествах приводит к уменьшению видового состава растительности, возможности лесовосстановления, а также к деградации природного комплекса среднего течения бассейна р. Обь. Не менее сильное воздействие оказывает транспортировка древесины сплавом по реке: происходит загрязнение вод взвешенными веществами, нефтепродуктами, разрушение береговых склонов, нарушение жизни водных обитателей [26].

Рекреация. Берега среднего течения р. Оби активно используются для отдыха: экскурсии, туризм, спорт, базы отдыха и т.д. Крупные базы отдыха расположены в районе сел Киреевск, Оськино, Победа и городах Сургут, Нижневартовск, Мегион. Места отдыха обустраиваются домиками, туалетами, парковочными зонами, пляжами, игровыми площадками, лодочными станциями и т.д. В период строительства и эксплуатации этих комплексов в воды реки попадает бытовой и строительный мусор, отходы жизнедеятельности человека (загрязнение органическими веществами), нефтепродукты и т.д. При рекреации происходит вытаптывание растительности и уплотнение почвы, загрязнения с поверхности прямиком попадают в реку с поверхностным стоком, изменение берегового уклона приводит к ухудшению фильтрационных свойств почвы, нарушается микробиологическая активность почвы и ухудшаются процессы ее самоочищения [14].

Из представленных материалов видно, что существует большая вероятность поступления в воды мусора, почвы, соединений азота, фосфора, нефтепродуктов, фенолов, ПАВ, алюминия, железа и др. химических соединений, что приведет к переходу речных вод в категорию «загрязненных» и ограничит их использование для каких-либо видов водопользования.

Таким образом, анализ литературных данных показал, что в пределах территории среднего течения р. Оби сформирован значительный комплекс производственных, сельскохозяйственных и др. комплексов, в результате деятельности которых формируются значительные по объему и разнообразию источники негативного воздействия на речные воды. Инвентаризация этих источников позволит прогнозировать особенности воздействия на водную среду и разработать мероприятий по предотвращению негативного воздействия на них.

2.3 Методика и методы исследований

Объектом исследований являются поверхностные воды бассейна р. Обь в ее среднем течении. Данный объект выбран из-за напряженной экологической обстановки территории, обусловленной развитием промышленных комплексов, сельского хозяйства, рекреации и т.д.

Особенности химического состава исследуемых вод изучались на основе данных ежегодных наблюдений за составом вод, представленных в Гидрологических ежегодниках за период с 1956 по 1975 гг. [3-8], а также по данным полевых и лабораторных исследований Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии за 1991 [34] и 1999 [32] года. Наряду с этим использовались фактические данные, полученные в ходе экспедиционных исследований летом 2016 года [9].

Методика исследований химического состава вод включает такие этапы работ как: полевые, лабораторные и камеральные.

Полевые работы включают в себя отбор проб воды в р. Обь, их консервация, маркировка посуды и упаковка образцов для отправки в Проблемную научно-исследовательскую лабораторию гидрогеохимии Томского политехнического университета. Вместе с этим на месте отбора проб производится замер координат точки отбора пробы, а также определение быстроменяющихся характеристик вод – температура, рН, Eh и концентрации быстроменяющихся компонентов – гидрокарбонат-ион, карбонат-ион, углекислота свободная.

Перед началом выполнения работ проводится изучение картографического материала, т.е. прокладывается маршрут, намечаются места отбора проб воды и устанавливается их количество. Помимо этого, производится подготовка необходимых

материалов для проведения отбора и полевого химического анализа проб воды. А именно подготавливаются:

- необходимое количество емкостей для непосредственного отбора проб воды,
- лабораторная посуда для проведения полевого химического анализа,
- реактивы для консервации проб и проведения полевого химического анализа,
- канцелярские принадлежности.

Отбор проб воды производится в соответствии с требованиями ГОСТ 31861-2012 [56] в емкости из стекла или пластика для временного хранения и транспортировки. Для того чтобы сохранить первоначальные содержания компонентов в исследуемой воде в емкость добавляется консервант, согласно требованиям нормативного документа на методику определения конкретного показателя. Методы хранения и консервации проб для определения обобщенных и химических показателей состава вод приведены в таблицах 2.1 и 2.2.

Таблица 2.1

Методы хранения и консервации проб для определения обобщенных показателей [56]

| Наименование показателя | Материал емкости для отбора и хранения проб | Метод хранения и консервации | Максимальный срок хранения | Рекомендуемое место проведения определения показателей | Прим.* |
|--|---|--|----------------------------|--|--|
| Водородный показатель | П.* или С.* | -* | - | На месте отбора проб | Определение следует проводить как можно быстрее после отбора пробы |
| | | Охлаждение до 2°С-5°С | 6 ч | Лаборатория | |
| Общая минерализация сухой остаток | П. или С. | Охлаждение до 2°С-5°С | 24 ч | Лаборатория | - |
| Окисляемость перманганатная | С. | Подкисление до рН менее 2 серной кислотой, охлаждение до 2°С-5°С и хранение в темном месте | 2 сут | Лаборатория | Определение следует проводить как можно скорее |
| | П. | Замораживание до минус 20°С | 1 мес. | Лаборатория | |
| ХПК (химическое потребление кислорода) | С. | Подкисление серной кислотой до рН менее 2, охлаждение до 2°С-5°С и хранение в темном месте | 5 сут | Лаборатория | - |
| | П. | Замораживание до минус 20°С | 1 мес. | Лаборатория | |

Примечание: Прим.* - примечание, * - хранение не допускается; П.* – полимерный материал, С.* – стекло.

Методы хранения и консервации проб для определения химических показателей [56]

| Наименование показателя | Материал емкости для отбора и хранения проб | Метод хранения и консервации | Максимальный срок хранения | Рекомендуемое место проведения определений показателя | Прим.* |
|-------------------------------|---|---|----------------------------|---|---|
| Гидрокарбонат-ион | П.* или С.* | Охлаждение до 2°С-5°С | 24 ч | Лаборатория | -*** |
| Диоксид углерода | П. или С. | -** | - | На месте отбора проб | - |
| Кальций | П. или С. | - | 24 ч | Лаборатория | - |
| | | Подкисление до рН менее 2 | 1 мес. | Лаборатория | - |
| Калий | П. | - | 1 мес. | Лаборатория | - |
| Кремний | П. | Охлаждение до 2°С-5°С | 5 сут | Лаборатория | - |
| Магний | П. или С. | - | 24 ч | Лаборатория | - |
| Марганец | П. | Подкисление до рН менее 2 | 1 мес. | Лаборатория | - |
| Нитрат-ион | П. или С. | Охлаждение до 2°С-5°С или добавление 2-4 мл хлороформа | 24 ч | Лаборатория | Не допускается применение азотной кислоты |
| Нитрит-ион | П. или С. | Охлаждение до 2°С-5°С | 24 ч | Лаборатория | Не допускается применение азотной кислоты |
| Ртуть | Б.С.* | Подкисление до рН менее 2 и добавление двухромовокислого калия или перманганата калия | 1 мес. | Лаборатория | - |
| Свинец, медь, кадмий, цинк | П. или Б.С. | Подкисление до рН менее 2 | 1 мес. | Лаборатория | Не допускается применять серную кислоту |
| Сульфат-ион | П. или С. | Охлаждение до 2°С-5°С | 7 сут | Лаборатория | - |
| Тяжелые металлы (кроме ртути) | П. или Б.С. | Подкисление до рН менее 2 | 1 мес. | Лаборатория | - |

Примечание: Прим.* - примечание, ** - хранение не допускается, *** - примечаний нет, П.* – полимерный материал, С.* – стекло, Б.С.* – боросиликатное стекло.

Замер физических параметров – рН, электропроводность, окислительно-восстановительный потенциал – проводится с помощью иономера «АНИОН 7051».

Быстроменяющиеся компоненты (гидрокарбонат-ион, карбонат-ион, уголекислота свободная) определяются методом титриметрии.

Лабораторные работы. В лабораторных условиях исследовался химический состав, включающий основные анионы и катионы, а также микроэлементный состав и органическое вещество.

Лабораторные работы состоят из проведения количественного химического анализа проб воды и выполняются в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Томского политехнического университета.

Определение в составе вод химических компонентов проводилось в соответствии с нормативной документацией на методику выполнения измерения каждого показателя. Методики и применяемые методы определения компонентов вод представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3

Определяемые физико-химические и гидрохимические показатели природных вод

| Показатель | Метод анализа | Нормативный документ |
|-------------------------------|---------------|--|
| pH | П | ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97 [70] |
| SO ₄ ²⁻ | ТБ | ПНД Ф 14.1:2.159-2000 [63] |
| Cl ⁻ | ТР | ПНД Ф 14.1:2:3.96-97 [69] |
| NO ₃ ⁻ | П | ПНД Ф 14.1: 2.4-95 (2004) [66] |
| Минерализация | Расчет | – |
| Ca ²⁺ | ТР | ПНД Ф 14.1:2:3.95-97 [68]; ГОСТ 23268.5-78 [54] |
| Mg ²⁺ | ИХ | МУ 08-47/334 [59] |
| Na ⁺ | ИХ | МУ 08-47/334 [59] |
| K ⁺ | ИХ | МУ 08-47/334 [59] |
| HCO ₃ ⁻ | ТР | ПНД Ф 14.2.99-97 [72]; ГОСТ 23268.3-78 [54] |
| Fe _{общ} | ФМ | ПНД Ф 14.1: 2.50-96 [67]; |
| Zn | ИВА, МС ИСП | ФР 1.31.2004.00987 [60]; НСАМ 480-X [62] |
| Cu | ИВА, МС ИСП | ФР 1.31.2004.00987 [60]; НСАМ 480-X [62] |
| Pb | ИВА, МС ИСП | ФР 1.31.2004.00987 [60]; НСАМ 480-X [62] |
| Si | ФМ | РД 52.24.433-05 [74]; ПНД Ф 14.1:2.215-06 [62] |
| Cd | ИВА, МС ИСП | ФР 1.31.2004.00987 [60]; НСАМ 480-X [62] |
| Mn | ИВ, МС ИСП | ФР 1.31.2004.01322 [71]; НСАМ 480-X [62] |
| Bi | ААС, МС ИСП | ПНД Ф 14.1:2.253-09 [65]; НСАМ 480-X [62]. |

Определение гидрокарбонат- и карбонат-ионов, свободной уголекислоты, кальция и хлорид-иона проводится методом титриметрии (ТР). Компоненты, образующие со специфическими реагентами окрашенные комплексы (соединения группы азота, железо

общее и кремний) определяются колориметрическим методом (ФК). Измерение оптической плотности окрашенных комплексов этих компонентов проводилось на спектрофотометре UNICO 2100. Методом потенциометрии (П) определяется значение рН, содержание фторид- и нитрат-ионов на иономере «АНИОН 7051». На ряду с этими методами используется метод ионной хроматографии (ИХ) для одновременного определения катионов – кальция, магния, натрия, калия и анионов – хлора, нитрит- и нитрат-ионов. Микроэлементный состав исследуемых вод определяется методами инверсионной вольтамперометрии (ИВА) на анализаторе ТА-4 и атомно-адсорбционной спектроскопии (ААС) на анализаторе МГА-915, масс спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре NEXION300D. Определение всех компонентов вод проводится по методикам, включенным в Федеральный информационный фонд РФ по нормативной документации.

Камеральные работы заключаются в описании исследуемого участка и формировании базы данных по результатам, полученным в полевых и лабораторных условиях.

2.4 Химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь

Особенности химического состава поверхностных вод среднего течения р. Обь изучались на основе данных ежегодных наблюдений за составом вод, представленных в Гидрологических ежегодниках [3-8] и охватывают период с 1956 по 1975 гг., а также по данным полевых и лабораторных исследований Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии 1991 [34], 1999 [32] и 2016 [9] годов. Сведения о химическом составе исследуемых вод, включающие основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод представлены в таблицах 2.4, 2.5, 2.6, 2.7 и 2.8. На рисунке 2.7 представлена карта-схема точек отбора проб в среднем течении р. Обь в 1999 и 2016 гг. Всего на исследуемом участке отобрано и проанализировано свыше 200 проб речных вод.

Анализ данных таблиц показал, что воды р. Обь в ее среднем течении преимущественно нейтральные. Величины рН в этих водах на исследуемом участке варьирует от 6,4 до 8,8 с преобладанием в области нейтральных значений. Щелочной и слабощелочной характер среды наблюдается в районе устья р. Томь (8,4), сел Могочино (8,1), Каргасок (8,1), Вертикос (7,9), Александровское (7,9).

На протяжении всего исследуемого участка воды р. Оби, согласно классификации воды по величине минерализации Н.И. Толстихина [21], являются пресными, с интервалом значений минерализации от 86 до 220 мг/л.

Преобладающим химическим типом вод, согласно данных таблиц 2.4 и 2.5, является гидрокарбонатный кальциевый, гораздо реже встречается гидрокарбонатный кальциево-магниевый тип. Ведущим анионом в воде является гидрокарбонат-ион, содержание которого

изменяется в пределах от 49 до 151 мг/л, сульфат-ион изменяется от 3,2 до 40 мг/л, хлор-ион – от 0,8 до 8,5 мг/л. Среди катионов преобладает кальций, и его концентрация колеблется от 12 до 38 мг/л. Магния в исследуемых водах содержится на порядок меньше и наблюдается в количестве от 1 до 8,5 мг/л. Количество натрия в водах по данным 1999 и 2016 гг. отмечается на уровне 4-5 мг/л, а в районе устья р. Томи, сел Могочино и Инкино (Колпашевский район) 6-7 мг/л. Содержание в водах калия на протяжении всего участка исследований не превышает 1,0 мг/л.

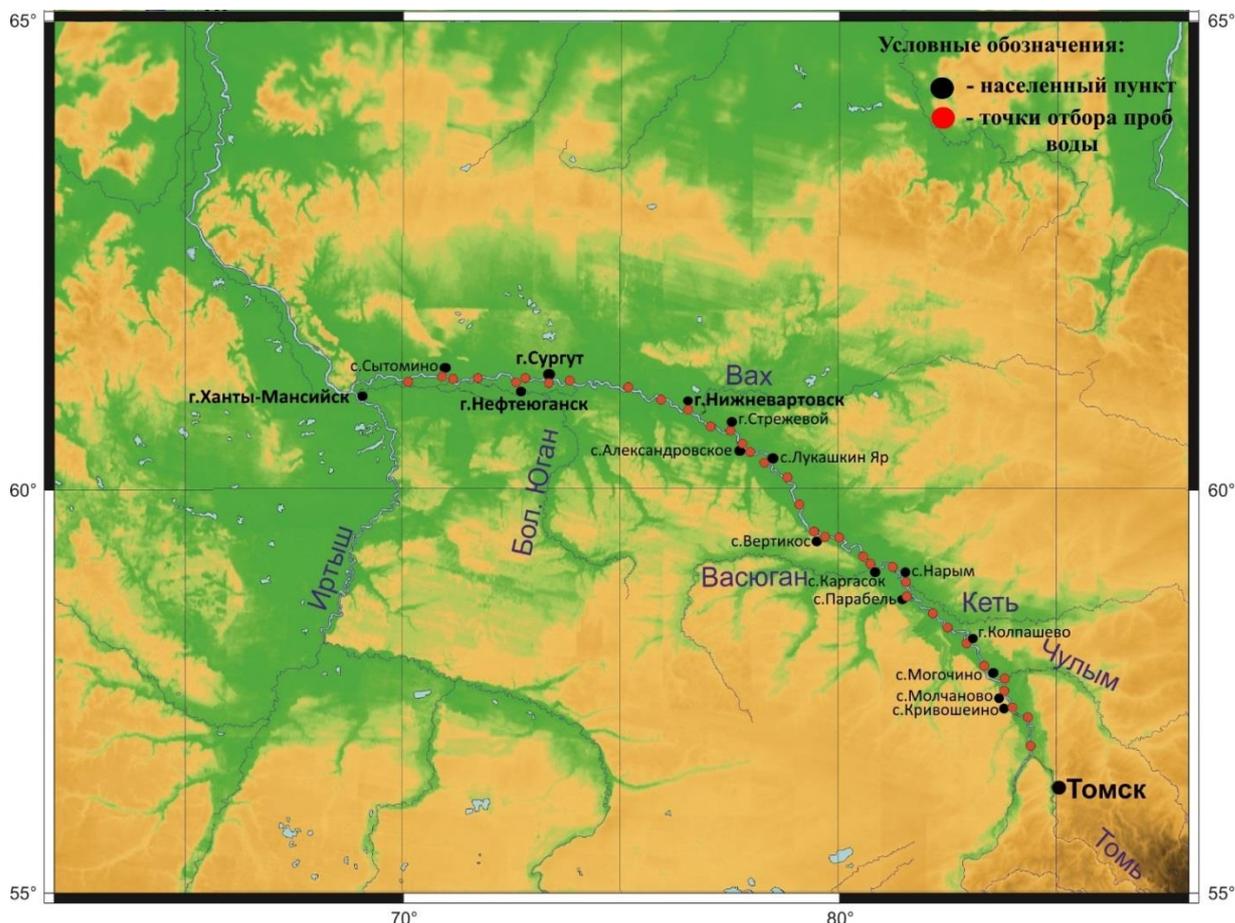


Рисунок 2.7. Карта-схема точек отбора проб воды на р. Обь в ее среднем течении

Характер изменения химического состава (основных анионов и катионов) исследуемых вод с ростом минерализации и величиной их рН представлен на рисунке 2.8.

Анализ приведенных материалов показал, что среди ведущих ионов состава вод с ростом минерализации происходит увеличение содержания в водах гидрокарбонат иона (рисунок 2.8 А) и иона кальция (рисунок 2.8 Б). Для сульфат- и хлорид-ионов зависимость не отмечается, а у магния, натрия и калия зависимость прослеживается очень слабая. Такая же картина наблюдается и по отношению к величине рН (рисунок 2.8 В, Г).

Таблица 2.4

Химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | | | | Химический тип вод |
|--------------------|--------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | pH | M.* | HCO ₃ ⁻ | CO ₂ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | |
| 1956 [3] | | | | | | | | | | |
| с. Александровское | 7,1 | 127 | 83 | 17 | 12 | 1 | 21 | 4 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| 1959 [4] | | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | 6,9 | 188 | 123 | 2 | 14 | 3 | 33 | 4 | 11 | HCO ₃ - Ca |
| 1961 [5] | | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | 7,2 | 169 | 112 | 9 | 13 | 2 | 30 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| 1968 [6] | | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | 7,5 | 160 | 103 | 4 | 16 | 4 | 24 | 5 | 9 | HCO ₃ - Ca |
| д. Прохоркино | 7,4 | 148 | 92 | 9 | 12 | 4 | 26 | 4 | 10 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 6,4 | 185 | 116 | —** | 19 | 6 | 28 | 4 | 12 | HCO ₃ - Ca |
| 1970 [7] | | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | 7,3 | 161 | 104 | 4 | 14 | 3 | 29 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| д. Прохоркино | 7,2 | 172 | 113 | 7 | 13 | 3 | 31 | 5 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 7,2 | 99 | 66 | — | 6 | 2 | 19 | 3 | 3 | HCO ₃ - Ca |
| 1975 [8] | | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | 7,0 | 184 | 118 | 4 | 15 | 5 | 33 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| д. Прохоркино | 6,9 | 142 | 88 | 12 | 15 | 3 | 26 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 6,9 | 147 | 97 | 10 | 11 | 3 | 26 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| г. Нижневартовск | 7,1 | 130 | 80 | — | 13 | 5 | 21 | 5 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| г. Сургут | 6,9 | 135 | 79 | — | 16 | 5 | 20 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| г. Нефтеюганск | 7,3 | 156 | 90 | — | 19 | 6 | 23 | 5 | 12 | HCO ₃ - Ca |
| с. Сытомино | 7,4 | 123 | 69 | — | 17 | 6 | 22 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |

Продолжение таблицы 2.4

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | | | | Химический тип вод |
|--------------------------|--------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | pH | М.* | HCO ₃ ⁻ | CO ₂ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | |
| 1991 [34] | | | | | | | | | | |
| устье р. Томь | 7,3 | 175 | 110 | — | 14 | 6 | 32 | 5 | 9 | HCO ₃ - Ca |
| с. Никольское | 7,8 | 168 | 110 | — | 10 | 6 | 28 | 6 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| с. Кривошеино | 7,2 | 193 | 122 | — | 14 | 6 | 32 | 5 | 15 | HCO ₃ - Ca |
| с. Могочино | 7,4 | 188 | 122 | — | 10 | 9 | 32 | 7 | 8 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Парабель | 7,0 | 188 | 122 | — | 10 | 9 | 32 | 7 | 8 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| выше г. Колпашево | 7,6 | 191 | 122 | — | 14 | 6 | 32 | 7 | 10 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| ниже г. Колпашево | 7,7 | 188 | 122 | — | 12 | 6 | 34 | 7 | 7 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Нарым | 7,4 | 207 | 134 | — | 10 | 6 | 32 | 7 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| район устья р. Парабель | 7,2 | 245 | 134 | — | 14 | 6 | 34 | 7 | 12 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Каргасок | 7,8 | 213 | 134 | — | 40 | 6 | 28 | 9 | 29 | HCO ₃ - Ca |
| район устья р. Тым | 7,4 | 220 | 146 | — | 18 | 6 | 34 | 7 | 14 | HCO ₃ - Ca |
| с. Вертикос | 7,8 | 197 | 122 | — | 12 | 6 | 38 | 7 | 11 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Лукашкин Яр | 7,8 | 203 | 134 | — | 18 | 6 | 30 | 9 | 13 | HCO ₃ - Ca |
| о. Кичановский | 7,8 | 187 | 122 | — | 10 | 6 | 34 | 6 | 13 | HCO ₃ - Ca |
| г. Стрежевой | 8 | 193 | 122 | — | 12 | 6 | 32 | 6 | 10 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| 1999 [32] | | | | | | | | | | |
| 15 км ниже устья р. Томи | 8,8 | 149 | 98 | — | 11 | 5 | 22 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| с. Кривошеино | 8,3 | 171 | 110 | — | 13 | 5 | 28 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 2 км ниже с. Молчаново | 8,3 | 145 | 85 | — | 13 | 7 | 28 | 2 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 5 км ниже с. Могочино | 8,1 | 179 | 122 | — | 9 | 5 | 32 | 1 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 40 км ниже с. Могочино | 8,0 | 154 | 98 | — | 9 | 5 | 26 | 6 | 6 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Колпашево | 7,8 | 150 | 98 | — | 9 | 2 | 30 | 2 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 40 км ниже с. Колпашево | 7,8 | 152 | 98 | — | 9 | 1 | 34 | 1 | 6 | HCO ₃ - Ca |

Продолжение таблицы 2.4

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | | | | Химический тип вод |
|-------------------------|--------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | pH | М.* | HCO ₃ ⁻ | CO ₂ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | |
| 10 км ниже устья р. Чая | 7,3 | 148 | 98 | — | 8 | 1 | 28 | 1 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 25 км выше с. Парабель | 7,7 | 147 | 98 | — | 9 | 1 | 26 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| 15 км выше с. Нарым | 7,7 | 146 | 98 | — | 10 | 1 | 24 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| с. Нарым | 7,6 | 115 | 73 | — | 9 | 1 | 24 | 5 | 4 | HCO ₃ - Ca |
| 30 км выше с. Каргасок | 7,5 | 148 | 98 | — | 10 | 1 | 22 | 9 | 5 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| 5 км ниже с. Каргасок | 7,7 | 146 | 98 | — | 10 | 1 | 22 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| 25 км ниже с. Каргасок | 7,6 | 135 | 85 | — | 11 | 1 | 26 | 1 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| 30 км ниже устья р. Тым | 7,6 | 133 | 85 | — | 12 | 1 | 24 | 2 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| с. Прохоркино | 7,4 | 132 | 85 | — | 11 | 1 | 24 | 2 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| с. Лукашкин Яр | 7,6 | 104 | 61 | — | 13 | 1 | 18 | 1 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 7,3 | 118 | 73 | — | 14 | 1 | 18 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| г. Нижневартовск | 6,4 | 89 | 49 | — | 11 | 1 | 16 | 1 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| г. Сургут | 7,4 | 86 | 49 | — | 13 | 1 | 12 | 2 | 5 | HCO ₃ - Ca |

Примечание: М.* - минерализация; —** - данные отсутствуют.

Таблица 2.5

Химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь (2016 г.) [9]

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | | | | | Химический тип вод |
|---|--------------------------------------|-----|-------------------------------|------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------------|
| | pH | М.* | HCO ₃ ⁻ | CO ₂ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ | K ⁺ | |
| устье р. Томь | 8,4 | 153 | 109 | 6 | 6 | 2 | 26 | 4 | 5 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| 27 км ниже с. Красный Яр (Кривошеинский р-н) | 8,6 | 155 | 110 | 6 | 7 | 2 | 26 | 4 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| 1 км ниже устья р. Чулым | 8,2 | 208 | 151 | 6 | 6 | 1 | 35 | 7 | 7 | 0,9 | HCO ₃ - Ca |
| 26 км ниже с. Могочино | 8,3 | 173 | 124 | 6 | 7 | 2 | 29 | 5 | 6 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| 22 км выше с. Колпашево | 8,0 | 169 | 120 | 6 | 7 | 2 | 29 | 5 | 5 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| 2 км ниже с. Инкино (Колпашевский р-н) | 8,0 | 167 | 119 | 6 | 7 | 2 | 27 | 5 | 6 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| с. Парабель | 8,1 | 158 | 112 | 6 | 7 | 2 | 27 | 5 | 5 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| с. Нарым | 7,9 | 154 | 112 | 6 | 3 | 1 | 27 | 5 | 5 | 1,0 | HCO ₃ - Ca |
| 9 км ниже с. Каргасок | 8,1 | 147 | 102 | 6 | 6 | 2 | 26 | 5 | 5 | 0,9 | HCO ₃ - Ca |
| с. Усть-Тым | 7,6 | 120 | 88 | 7 | 3 | 1 | 20 | 4 | 4 | 0,7 | HCO ₃ - Ca |
| 23 км ниже с. Вертикос | 7,9 | 153 | 111 | 8 | 5 | 1 | 26 | 5 | 5 | 0,9 | HCO ₃ - Ca |
| 50 км выше с. Назино | 7,5 | 153 | 110 | 7 | 5 | 2 | 26 | 5 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| с. Назино | 7,6 | 148 | 105 | 7 | 6 | 2 | 25 | 5 | 5 | 0,9 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 7,9 | 151 | 108 | 7 | 6 | 2 | 25 | 5 | 5 | 0,9 | HCO ₃ - Ca |
| д. Соснина (Нижевартровский р-н) | 7,6 | 147 | 105 | 2 | 6 | 2 | 25 | 5 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| 7 км ниже г. Мегион | 7,7 | 139 | 101 | 6 | 5 | 1 | 23 | 4 | 4 | 0,7 | HCO ₃ - Ca |
| 5 км выше д. Верхне-Мысовая | 7,7 | 137 | 99 | 6 | 5 | 2 | 22 | 4 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| 20 км выше г. Сургут | 7,6 | 133 | 95 | 6 | 5 | 2 | 21 | 4 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| 35 км ниже г. Сургут | 7,7 | 127 | 90 | 6 | 5 | 2 | 21 | 4 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| д. Лямина (Сургутский р-н) | 7,6 | 124 | 88 | 6 | 5 | 2 | 20 | 4 | 5 | 0,8 | HCO ₃ - Ca |
| с. Сытомино | 7,6 | 122 | 87 | 6 | 4 | 2 | 19 | 4 | 4 | 0,7 | HCO ₃ - Ca |

Примечание: М.* - минерализация.

Таблица 2.6

Содержание органических веществ и биогенных компонентов в поверхностных водах среднего течения р. Обь

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------------|-----|----|----|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Окисляемость перманганатная | ХПК | Фк | Гк | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| 1956 [3] | | | | | | | |
| с. Александровское | 9 | —* | — | — | — | — | — |
| 1959 [4] | | | | | | | |
| г. Колпашево | 6 | — | — | — | — | — | — |
| 1961 [5] | | | | | | | |
| г. Колпашево | 7 | — | — | — | — | 0,3 | — |
| 1968 [6] | | | | | | | |
| г. Колпашево | 4 | — | — | — | 0,05 | 1,1 | 0,05 |
| д. Прохоркино | 6 | — | — | — | 0,05 | 0,8 | <0,01 |
| с. Александровское | 9 | — | — | — | 0,01 | 1,3 | <0,01 |
| 1970 [7] | | | | | | | |
| г. Колпашево | 4 | — | — | — | 0,04 | 1,0 | <0,01 |
| д. Прохоркино | 9 | — | — | — | 0,05 | 1,1 | 0,03 |
| с. Александровское | 15 | — | — | — | 0,01 | 0,7 | <0,01 |
| 1975 [8] | | | | | | | |
| г. Колпашево | 3 | — | — | — | 0,02 | 1,0 | 0,01 |
| д. Прохоркино | 8 | — | — | — | 0,08 | 0,2 | 0,02 |
| с. Александровское | 8 | — | — | — | 0,04 | 0,6 | 0,01 |
| г. Нижневартовск | 10 | — | — | — | 0,07 | 0,01 | 0,01 |
| г. Сургут | 11 | — | — | — | 0,11 | 0,01 | 0,002 |
| г. Нефтеюганск | 14 | — | — | — | 0,09 | 0,02 | 0,007 |
| с. Сытомино | 12 | — | — | — | 0,03 | 0,01 | 0,007 |

Продолжение таблицы 2.6

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------------|-------|-------|------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Окисляемость перманганатная | ХПК | Фк | Гк | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| 1991 [34] | | | | | | | |
| устье р. Томь | — | 19,76 | 10,54 | 0,72 | 0,2 | 2,7 | — |
| с. Никольское | — | 21,17 | 6,56 | 3,37 | 0,2 | 2,8 | — |
| с. Кривошеино | — | 21,04 | 9,3 | 3,21 | 0,17 | 2,3 | — |
| с. Могочино | — | 21,17 | 5,87 | 3,9 | 0,18 | 2,5 | — |
| с. Парабель | — | 31,27 | 7,65 | 0,19 | 0,18 | 2,2 | — |
| выше г. Колпашево | — | 27,42 | 9,71 | 3,37 | 0,19 | 2,1 | — |
| ниже г. Колпашево | — | 24,9 | 9,44 | 3,58 | 0,17 | 1,9 | — |
| с. Нарым | — | 38,11 | 13,38 | 7,61 | 12,9 | 1,4 | — |
| район устья р. Парабель | — | 30,74 | 14,07 | 2,84 | 0,37 | 2 | — |
| с. Каргасок | — | 27,14 | 10,36 | 2,84 | 0,19 | 2,1 | — |
| район устья р. Тым | — | 28,39 | 8,48 | 1,99 | 0,19 | 1,5 | — |
| с. Вертикос | — | 37,7 | 16,47 | 2,31 | 0,22 | 2,7 | — |
| с. Лукашкин Яр | — | 29,58 | 12,32 | 2,07 | 0,24 | 2,8 | — |
| с. Александровское | — | 29,1 | 11,57 | 3,58 | 0,19 | 2,6 | — |
| г. Стрежевой | — | 26,99 | 9,99 | 2,6 | 0,18 | 2,8 | — |
| 1999 [32] | | | | | | | |
| 15 км ниже устья р. Томи | — | 23,4 | 1,4 | 0,1 | — | — | — |
| с. Кривошеино | — | — | 1,7 | 0,3 | — | — | — |
| 2 км ниже с. Молчаново | — | 19 | 0,4 | 0,3 | — | — | — |
| 5 км ниже с. Могочино | — | — | 2,6 | 0,7 | — | — | — |
| 40 км ниже с. Могочино | — | — | 1,9 | 0,6 | — | — | — |
| с. Колпашево | — | — | 2,6 | 0,5 | — | — | — |
| 40 км ниже с. Колпашево | — | 21,3 | 1,8 | 0,6 | — | — | — |

Продолжение таблицы 2.6

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|------|------|------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Окисляемость перманганатная | ХПК | Фк | Гк | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| 10 км ниже устья р. Чая | — | 21,2 | 3,8 | 0,8 | — | — | — |
| 25 км выше с. Парабель | — | — | 2,4 | 0,2 | — | — | — |
| 15 км выше с. Нарым | — | — | 3,8 | 0,6 | — | — | — |
| с. Нарым | — | — | 5,2 | 0,9 | — | — | — |
| 30 км выше с. Каргасок | — | 38,8 | 7,2 | 0,86 | — | — | — |
| 5 км ниже с. Каргасок | — | 29,7 | 5,5 | 0,8 | — | — | — |
| 25 км ниже с. Каргасок | — | — | — | — | — | — | — |
| 30 км ниже устья р. Тым | — | 42,7 | 3,6 | 0,9 | — | — | — |
| с. Прохоркино | — | — | 4,8 | 0,57 | — | — | — |
| с. Лукашкин Яр | — | — | 5,3 | 0,9 | — | — | — |
| с. Александровское | — | — | 5,2 | 1,2 | — | — | — |
| г. Нижневартовск | — | — | 2,67 | 0,66 | — | — | — |

Примечание: —* - данные отсутствуют.

Таблица 2.7

Содержание органических и биогенных веществ в поверхностных водах среднего течения р. Обь (2016 г.) [9]

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов, мг/л | | | | | |
|---|--------------------------------------|------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | C _{орг} | XПК | NH ₄ ⁺ | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| устье р. Томь | 2,32 | 11,8 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,023 |
| 27 км ниже с. Красный Яр (Кривошеинский р-н) | 2,95 | 6 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,027 |
| 1 км ниже устья р. Чулым | 3,8 | 21,7 | <0,05 | 0,052 | <0,1 | 0,026 |
| 26 км ниже с. Могочино | 3,25 | 28 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,029 |
| 22 км выше с. Колпашево | 3,6 | 31 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,024 |
| 2 км ниже с. Инкино (Колпашевский р-н) | 4,5 | 21,7 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | <0,02 |
| с. Парабель | 4,3 | 25,5 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | <0,02 |
| с. Нарым | 3,7 | 22,4 | <0,05 | <0,05 | 0,43 | 0,02 |
| 9 км ниже с. Каргасок | 5,1 | 34,8 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,022 |
| с. Усть-Тым | 5,1 | 43 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | <0,02 |
| 23 км ниже с. Вертикос | 5 | 36,2 | <0,05 | 0,064 | <0,1 | <0,02 |
| 50 км выше с. Назино | 5,6 | 36 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | <0,02 |
| с. Назино | 6,2 | 35,2 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | <0,02 |
| с. Александровское | 6,4 | 34,9 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,045 |
| д. Соснина (Нижневартовский р-н) | 6,6 | 25 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,023 |
| 7 км ниже г. Мегион | 6,9 | 22,7 | <0,05 | <0,05 | <0,1 | 0,023 |
| 5 км выше д. Верхне-Мысовая | 6,9 | 11,5 | <0,05 | 0,074 | <0,1 | <0,02 |
| 20 км выше г. Сургут | 6,9 | <5,0 | <0,05 | 0,06 | <0,1 | <0,02 |
| 35 км ниже г. Сургут | 7,4 | <5,0 | <0,05 | 0,06 | <0,1 | <0,02 |
| д. Лямина (Сургутский р-н) | 7,6 | 30,8 | <0,05 | 0,065 | <0,1 | <0,02 |
| с. Сытомино | 7,9 | 25,3 | <0,05 | 0,1 | <0,1 | <0,02 |

Таблица 2.8

Микроэлементный состав поверхностных вод среднего течения р. Обь

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | | | | |
|--------------------|--------------------------------|----|----|----|----|----|----|------|-------------------|
| | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe _{общ} |
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| 1956 [3] | | | | | | | | | |
| с. Александровское | —* | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 0,3 |
| 1959 [4] | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | — | — | — | — | — | — | — | 2,0 | 0,2 |
| 1961 [5] | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | — | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 0,2 |
| 1968 [6] | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | — | — | — | — | — | — | — | 2,0 | 0,1 |
| д. Прохоркино | — | — | — | — | — | — | — | 2,3 | 0,2 |
| с. Александровское | — | — | — | — | — | — | — | 2,1 | 0,2 |
| 1970 [7] | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | — | — | — | — | — | — | — | 2,4 | 0,1 |
| д. Прохоркино | — | — | — | — | — | — | — | 2,5 | 0,3 |
| с. Александровское | — | — | — | — | — | — | — | 2,4 | 0,6 |
| 1975 [8] | | | | | | | | | |
| г. Колпашево | — | — | — | — | — | — | — | 5,3 | 0,03 |
| д. Прохоркино | — | — | — | — | — | — | — | 4,8 | 0,07 |
| с. Александровское | — | — | — | — | — | — | — | 4,0 | 0,12 |
| г. Нижневартовск | — | — | — | — | — | — | — | 4,9 | 0,79 |
| г. Сургут | — | — | — | — | — | — | — | 3,7 | 1,06 |
| г. Нефтеюганск | — | — | — | — | — | — | — | 3,7 | 1,3 |
| с. Сытомино | — | — | — | — | — | — | — | 3,6 | 0,9 |

Продолжение таблицы 2.8

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|-----|------|------|------|-------|------|------|--------|
| | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe общ |
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| 1991 [34] | | | | | | | | | |
| 15 км ниже устья р. Томь | 0,05 | 0,6 | 1,6 | 8,3 | 0,17 | 0,01 | 29,8 | 2,2 | 1,5 |
| с. Никольское | 0,02 | 0,5 | 1,1 | 43,5 | 0,22 | 0,01 | 0,7 | 2,3 | 1 |
| с. Кривошеино | 0,03 | 0,5 | 2,3 | 39,7 | 0,4 | 0,01 | 1,3 | 1,6 | 2 |
| выше устья р. Чулым | 0,07 | 0,5 | 4,8 | 12,7 | 0,7 | 0,47 | 3,6 | 1,8 | 1 |
| ниже устья р. Чулым, с. Могочино | 0,05 | 0,7 | 4,2 | 12 | 0,06 | 0,01 | 35,4 | 1,8 | 0,5 |
| выше г. Колпашево | 0,03 | 0,9 | 2,3 | 29,3 | 0,6 | 0,01 | 8,9 | 2 | 0,4 |
| ниже г. Колпашево | 0,04 | 0,8 | 1,7 | 8,7 | 0,23 | 0,01 | 8,1 | 1,9 | 1 |
| выше устья р. Кеть, с. Парабель | 0,04 | 0,5 | 1,7 | 11 | 0,17 | 0,01 | 18,1 | 2,2 | 1 |
| с. Нарым, ниже устья р. Кеть | 0,02 | 1 | 1,7 | 21,2 | 0,15 | 0,01 | 10,3 | 4,7 | 1 |
| выше устья р. Парабель | 0,01 | 0,5 | 2 | 43,4 | 0,04 | 0,016 | 8,4 | 2,4 | 0,6 |
| ниже устья р. Парабель | 0,03 | 1,8 | 2 | 11 | 0,07 | 0,012 | 44,4 | 2,9 | 0,5 |
| 1 км выше устья р. Тым | 0,08 | 0,8 | 2,4 | 65 | 0,2 | 1,063 | 41,3 | 2,6 | 1,7 |
| ниже устья р. Тым, с. Вертикос | 0,03 | 1 | 1,04 | 218 | 0,4 | 0,061 | 29,3 | 3,1 | 1 |
| с. Лукашкин Яр | 0,12 | 0,5 | 1,2 | 58 | 0,17 | 0,225 | 3,8 | 3,1 | 0,3 |
| с. Александровское | 0,06 | 1,1 | 2,5 | 64,3 | 0,1 | 0,115 | 54,3 | 3,1 | 0,3 |
| г. Стрежевой | 0,04 | 0,5 | 2,8 | 25 | 0,15 | 0,014 | 4,1 | 3,1 | 0,3 |
| 1999 [32] | | | | | | | | | |
| 15 км ниже устья р. Томи | 0,063 | 0,3 | 1 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | — | 4,2 | 0,6 |
| с. Кривошеино | 0,021 | 0,3 | 1 | 1,5 | 0,1 | 0,1 | — | 4,4 | 0,4 |
| 2 км ниже с. Молчаново | 0,17 | 0,1 | 0,5 | 0,4 | 0,1 | 0,13 | — | 4,1 | 0,5 |
| 5 км ниже с. Могочино | 0,011 | 0,3 | 0,8 | 2 | 0,16 | 0,05 | — | 3,6 | 1,0 |
| 40 км ниже с. Могочино | 0,0075 | 0,2 | 0,7 | 1 | 0,1 | 0,06 | — | 4,0 | 0,9 |
| с. Колпашево | 0,012 | 0,2 | 0,5 | 2,6 | 0,13 | 0,07 | — | 3,2 | 0,9 |
| 40 км ниже с. Колпашево | 0,028 | 2,3 | 2 | 1,7 | 0,1 | 0,07 | — | 3,2 | 0,8 |

Продолжение таблицы 2.8

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|------|-----|------|--------|--------|-----|------|--------|
| | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe общ |
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| 10 км ниже устья р. Чая | 0,011 | 0,1 | 1 | 1 | 0,1 | 0,22 | — | 5,8 | 2,0 |
| 25 км выше с. Парабель | 0,008 | 0,1 | 0,1 | 1 | 0,1 | 0,03 | — | 3,4 | 1,6 |
| 15 км выше с. Нарым | 0,017 | 0,3 | 0,3 | 3 | 0,1 | 0,1 | — | 3,4 | 1,9 |
| с. Нарым | 0,1 | 0,7 | 1 | 5 | 0,2 | 0,16 | — | 3,4 | 2,3 |
| 30 км выше с. Каргасок | 0,008 | 0,3 | 0,8 | 3,5 | 0,1 | 0,03 | — | 3,6 | 1,9 |
| 5 км ниже с. Каргасок | 0,02 | 1 | 1,2 | 2 | 0,1 | 0,02 | — | 5,6 | 2,0 |
| 25 км ниже с. Каргасок | 0,023 | 0,1 | 0,5 | 0,5 | 0,1 | 0,04 | — | 5,9 | 1,9 |
| 30 км ниже устья р. Тым | 0,11 | 1,6 | 1,5 | 24,7 | 0,1 | 0,09 | — | 4,1 | 2,3 |
| с. Прохоркино | 0,05 | 0,5 | 1,7 | 24,4 | 0,2 | 0,21 | — | 4,2 | 2,2 |
| с. Лукашкин Яр | 0,0046 | 0,3 | 1,2 | 1,5 | 0,1 | 0,16 | — | 4,8 | 2,3 |
| с. Александровское | 0,0078 | 0,7 | 2 | 28,8 | 0,1 | 0,06 | — | 3,9 | 2,5 |
| г. Нижневартовск | 0,194 | 0,4 | 2 | 2 | 0,14 | 0,01 | — | 5,9 | 2,3 |
| г. Сургут | 0,0895 | 1 | 1 | 5,6 | 0,1 | 0,05 | — | 3,6 | 2,5 |
| 2016 [9] | | | | | | | | | |
| устье р. Томь | 0,0004 | 0,27 | 1,8 | 1,7 | 0,026 | 0,0133 | 61 | 1,1 | 0,33 |
| 27 км ниже с. Красный Яр (Кривошеинский р-н) | 0,0043 | 0,33 | 1,5 | 1,7 | 0,036 | <0,05 | 61 | 1,7 | 0,27 |
| 1 км ниже устья р. Чулым | 0,002 | 0,41 | 1,4 | 2,3 | 0,031 | <0,05 | 170 | 4,1 | 0,84 |
| 26 км ниже с. Могочино | 0,0023 | 0,22 | 1,7 | 2,7 | 0,141 | <0,05 | 38 | 2,2 | 0,2 |
| 22 км выше с. Колпашево | 0,0005 | 0,06 | 1,3 | 2,8 | 0,10 | <0,05 | 18 | 2,7 | 0,054 |
| 2 км ниже с. Инкино (Колпашевский р-н) | <0,003 | 0,28 | 1,8 | 1,3 | 0,014 | <0,05 | 41 | 1,8 | 0,27 |
| с. Парабель | 0,002 | 0,22 | 1,8 | 1,4 | 0,030 | <0,05 | 38 | 1,9 | 0,23 |
| с. Нарым | 0,0026 | 0,18 | 1,7 | 1,6 | 0,015 | <0,05 | 31 | 1,9 | 0,17 |
| 9 км ниже с. Каргасок | 0,0024 | 0,25 | 1,7 | 1,2 | 0,0051 | <0,05 | 48 | 1,5 | 0,35 |
| с. Усть-Тым | 0,0028 | 0,36 | 1,8 | 1,7 | 0,037 | <0,05 | 74 | 4,0 | 0,69 |
| 23 км ниже с. Вертикос | 0,0016 | 0,36 | 1,8 | 1,5 | 0,017 | <0,05 | 64 | 1,8 | 0,56 |

Продолжение таблицы 2.8

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | | | | |
|--|--------------------------------|------|-----|------|-------|-------|-----|------|--------|
| | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe общ |
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| 50 км выше с. Назино | 0,0024 | 0,19 | 1,7 | 2,5 | 0,016 | <0,05 | 36 | 1,8 | 0,40 |
| с. Назино | 0,0015 | 0,16 | 1,5 | 1,3 | 0,022 | <0,05 | 33 | 1,8 | 0,38 |
| с. Александровское | 0,003 | 0,24 | 1,5 | 1,3 | 0,022 | <0,05 | 39 | 1,7 | 0,46 |
| д. Соснина (Нижневартовский р-н) | 0,001 | 0,58 | 2,2 | 2,8 | 0,087 | <0,05 | 93 | 1,4 | 0,89 |
| 7 км ниже г. Мегион | 0,0021 | 0,18 | 1,7 | 1,4 | 0,079 | <0,05 | 28 | 1,9 | 0,43 |
| 5 км выше д. Верхне-Мысовая | <0,003 | 0,12 | 1,5 | 2,1 | 0,032 | <0,05 | 14 | 1,7 | 0,34 |
| 20 км выше г. Сургут | 0,0067 | 0,47 | 2,2 | 8,0 | 0,13 | <0,05 | 69 | 1,8 | 1,17 |
| 35 км ниже г. Сургут | 0,0083 | 0,39 | 2,7 | 12,0 | 0,13 | <0,05 | 66 | 1,7 | 1,19 |
| д. Лямина (Сургутский р-н) | 0,001 | 0,68 | 1,9 | 2,7 | 0,017 | <0,05 | 69 | 1,7 | 1,26 |
| с. Сытомино | 0,0046 | 0,40 | 1,9 | 3,1 | 0,030 | <0,05 | 66 | 2,1 | 1,33 |
| Среднее содержание компонентов в речных водах [32] | — | 3,0 | 7,0 | 20 | 0,2 | 0,07 | 8,2 | — | 0,67 |

Примечание: —* - данные отсутствуют.

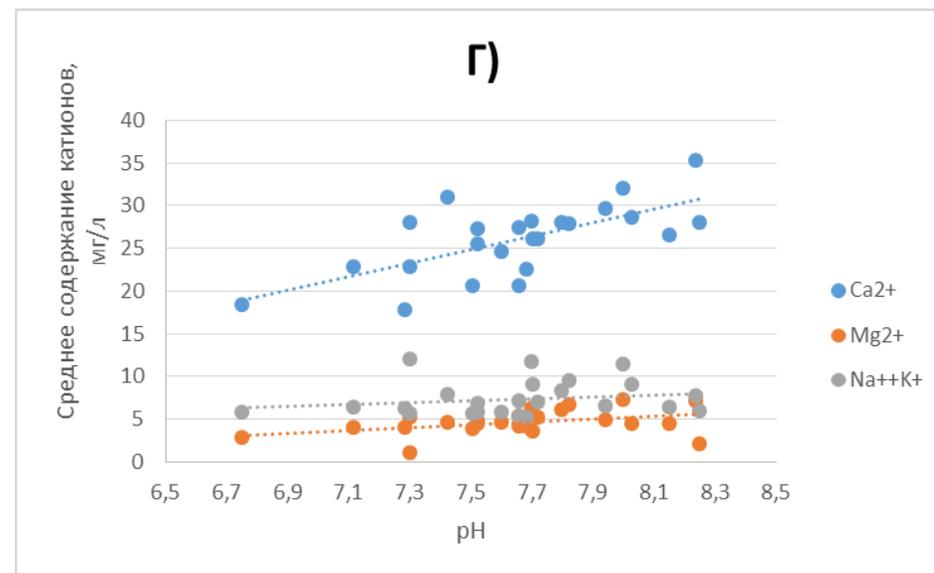
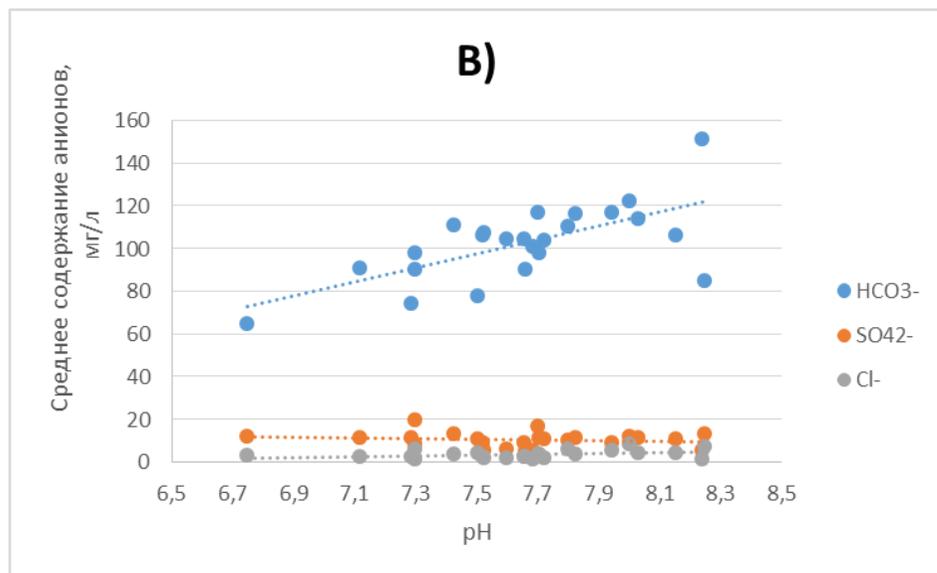
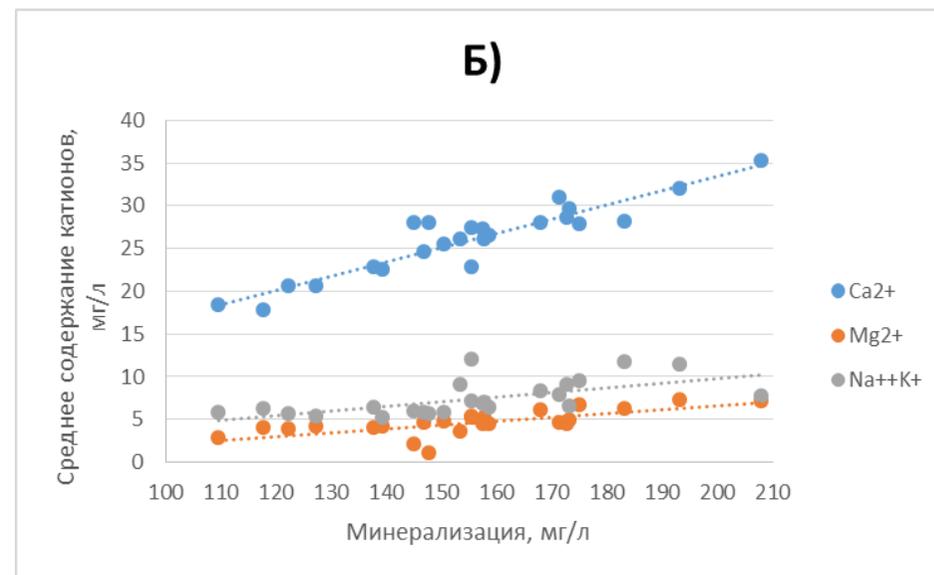
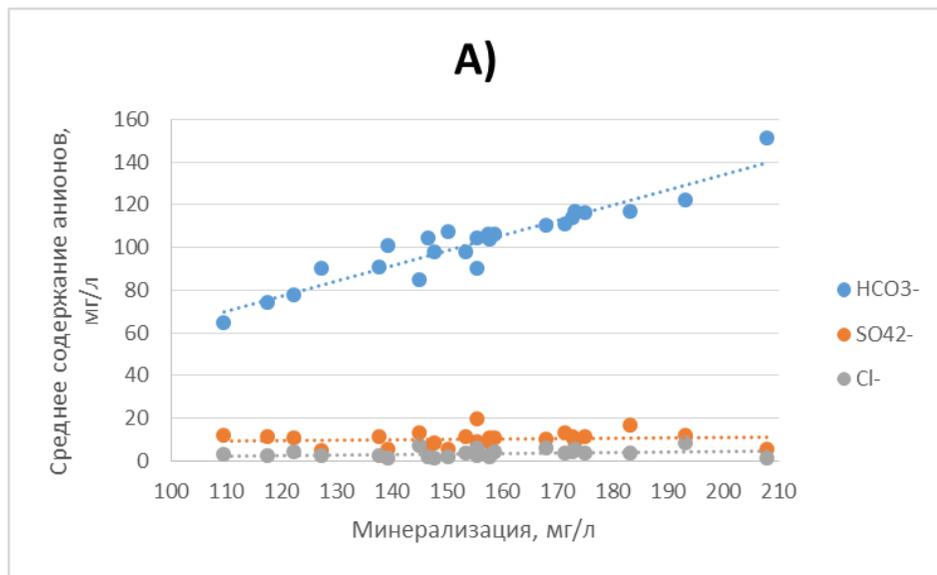


Рисунок 2.8. Зависимость среднего содержания основных анионов и катионов от минерализации ((А) – гидрокарбонат-ион, сульфат-ион, хлор-ион; (Б) – кальций, магний, натрий и калий)) и pH ((В) - гидрокарбонат-ион, сульфат-ион, хлор-ион; (Г) – кальций, магний, натрий и калий)) в водах среднего течения р. Обь

Органическое вещество. Данные о содержании в водах р. Обь органического вещества, характеризующиеся величиной перманганатной окисляемости (далее П.Ок.), ХПК показывают, что при невысокой кислотности исследуемых вод отличаются высоким содержанием растворенного органического вещества, в составе которого доминируют фульвокислоты. Так, по данным ежегодных наблюдений на всем протяжении исследуемого участка величина П. Ок варьирует от 3 мг/л (район с. Колпашево) до 15 мг/л (район с. Александровское). Рост этого показателя отмечается в районе с. Александровское и достигает здесь максимального значения, а также в районе городов Нижневартовск, Сургут и Нефтеюганск. Исследуемые воды характеризуются высоким значением величины ХПК, которое находится в пределах от 17 до 38 мг/л. Этот уровень ХПК, видимо, связан с поступлением в воды органического вещества природного характера, представленного фульво- и гуминовыми кислотами. Содержание последних наблюдается в пределах от 0,4 до 16 мг/л и от 0,1 до 7,6 мг/л соответственно. При этом скачкообразный рост величины ХПК до максимально установленных приходится на участки впадения в воды р. Обь рек, дренирующих заболоченные территории, и относятся к рекам Кеть, Тым и Парабель.

Из рассмотренных соединений группы азота в водах реки преимущественно находятся нитрат- и нитрит- ионы. Содержание нитрат-ионов колеблется от 0,01 до 2,8 мг/л. Нитрит-ионы, по сравнению с нитрат-ионами, находятся в незначительных количествах – от <0,02 до 0,05 мг/л. Также в небольших количествах содержатся аммоний – <0,05 мг/л и фосфат-анион – от 0,06 до 0,1 мг/л.

Среднее содержание двуокиси углерода в поверхностных водах р. Оби не превышает 10 мг/л и находится в интервале средних значений 5-6 мг/л, за единичным исключением одного значения – 2,4 мг/л.

Микрокомпоненты. Среди микрокомпонентов существуют как очень низкие содержания их в водах р. Обь, так и очень высокие, что может свидетельствовать о поступлении этих элементов в воды от техногенных источников. Высокие содержания в основном приурочены к крупным селам.

Из исследованных микроэлементов, содержащихся в водах р. Обь, концентрация кремния колеблется в интервале от 1,1 до 5,9 мг/л, железо общее – от 0,03 до 2,5 мг/л. Содержание редких микроэлементов характеризуется присутствием висмута с средним содержанием 0,051 мкг/л, свинца – 0,63 мкг/л, меди – 1,6 мкг/л, цинка – 21,1 мкг/л, кадмия – 0,2 мкг/л и ртути – 0,1 мкг/л.

2.5 Пространственная изменчивость химического состава вод среднего течения р. Оби

Особенности пространственного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении рассматривались на участке от устья р. Томь до с. Сытомино (среднее содержание компонентов учитывалось в период с 1956 по 2016 гг.). В пределах исследуемого участка наблюдается смена ландшафтных, географических и геологических условий, что в свою очередь сказывается на особенностях химического состава исследуемых вод. Данные среднего химического состава исследуемых вод представлены в таблице 2.9.

Анализ представленных данных среднего химического состава поверхностных вод на исследуемом участке показал, что происходит незначительное снижение значения величины рН, а также содержания магния, натрия, калия и хлорид-иона. Наиболее ярко выражено снижение минерализации, содержания гидрокарбонат-иона и кальция, в то время как сульфат-ион имеет стабильный характер.

Химический тип вод исследуемого участка преимущественно гидрокарбонатный кальциевый, однако в районе сел Никольское и Вертикос, а также городов Стрежевой, Сургут и Нефтеюганск встречается гидрокарбонатный кальциево-магниевый тип вод.

Как отмечалось выше, воды р. Оби являются преимущественно нейтральными. По мере движения вдоль р. Обь на север мы наблюдаем изменение кислотно-щелочных свойств, но эти изменения незначительны. Увеличение значения рН до ее перехода в условия слабощелочных вод в основном приурочено к районам расположения крупных населенных пунктов, а также после впадения крупных притоков с заболоченных территорий. Наиболее высокие значения видим ниже устья р. Томи (рН=8,2), в с. Молчаново (рН=8,3), ниже устья р. Чулым (рН=8,2) и в г. Стрежевой (рН=8,0). Характер изменения величины рН представлен на рисунке 2.9.

На исследуемом участке наблюдается тенденция к уменьшению среднего значения величины общей минерализации речных вод примерно на 50 мг/л при движении от устья р. Томь до с. Сытомино. Минимальное значение этого показателя равно 110 мг/л отмечается в районе г. Нижневартовск, а максимальное – 208 мг/л – в устье р. Чулым. Особенности пространственной изменчивости минерализации отражены на рисунке 2.10.

На изменение данных показателей может оказывать влияние природный фактор – сезон года. Особенности гидрологического режима – длительный ледостав, растянутое весенне-летнее половодье, преимущественно снеговое питание с заболоченных водосборов – определяет гидрохимические особенности реки.

Таблица 2.9

Средний химический состав поверхностных вод р. Обь на участке от устья р. Томь до с. Сытомино, мг/л

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | | | | Химический тип вод |
|------------------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|----------------------------|
| | pH | Минерализация | HCO ₃ ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | |
| устье р. Томь | 8,2 | 159 | 106 | 10 | 4 | 27 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| с. Никольское | 7,8 | 168 | 110 | 10 | 6 | 28 | 6 | 8 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Кривошеино | 8,0 | 173 | 114 | 11 | 4 | 29 | 4 | 9 | HCO ₃ - Ca |
| 2 км ниже с. Молчаново | 8,3 | 145 | 85 | 13 | 7 | 28 | 2 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| устье р. Чулым | 8,2 | 208 | 151 | 6 | 1 | 35 | 7 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| с. Могочино | 7,9 | 173 | 117 | 9 | 5 | 30 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| г. Колпашево | 7,4 | 171 | 111 | 13 | 3 | 31 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| устье р. Чая | 7,3 | 148 | 98 | 8 | 1 | 28 | 1 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| с. Парбель | 7,7 | 183 | 117 | 16 | 4 | 28 | 6 | 12 | HCO ₃ - Ca |
| с. Нарым | 7,7 | 156 | 104 | 9 | 2 | 27 | 5 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| с. Каргасок | 7,7 | 158 | 103 | 11 | 2 | 26 | 5 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| устье р. Тым | 7,5 | 158 | 106 | 9 | 3 | 27 | 4 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| с. Вертикос | 7,8 | 175 | 116 | 11 | 4 | 28 | 7 | 9 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Назино | 7,5 | 150 | 107 | 6 | 2 | 25 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| с. Лукашкин Яр | 7,7 | 154 | 98 | 12 | 3 | 26 | 4 | 9 | HCO ₃ - Ca |
| с. Александровское | 7,1 | 138 | 91 | 11 | 2 | 23 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| г. Стрежевой | 8,0 | 193 | 122 | 12 | 9 | 32 | 7 | 11 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| д. Соснина | 7,6 | 147 | 105 | 6 | 2 | 25 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| г. Нижневартовск | 6,8 | 110 | 64 | 12 | 3 | 18 | 3 | 6 | HCO ₃ - Ca |
| г. Мегион | 7,7 | 139 | 101 | 5 | 1 | 23 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| выше г. Сургут | 7,3 | 118 | 74 | 12 | 3 | 18 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| ниже г. Сургут | 7,7 | 127 | 90 | 5 | 2 | 21 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| г. Нефтеюганск | 7,3 | 156 | 90 | 19 | 6 | 23 | 5 | 12 | HCO ₃ - Ca - Mg |
| с. Сытомино | 7,5 | 122 | 78 | 11 | 4 | 21 | 4 | 6 | HCO ₃ - Ca |

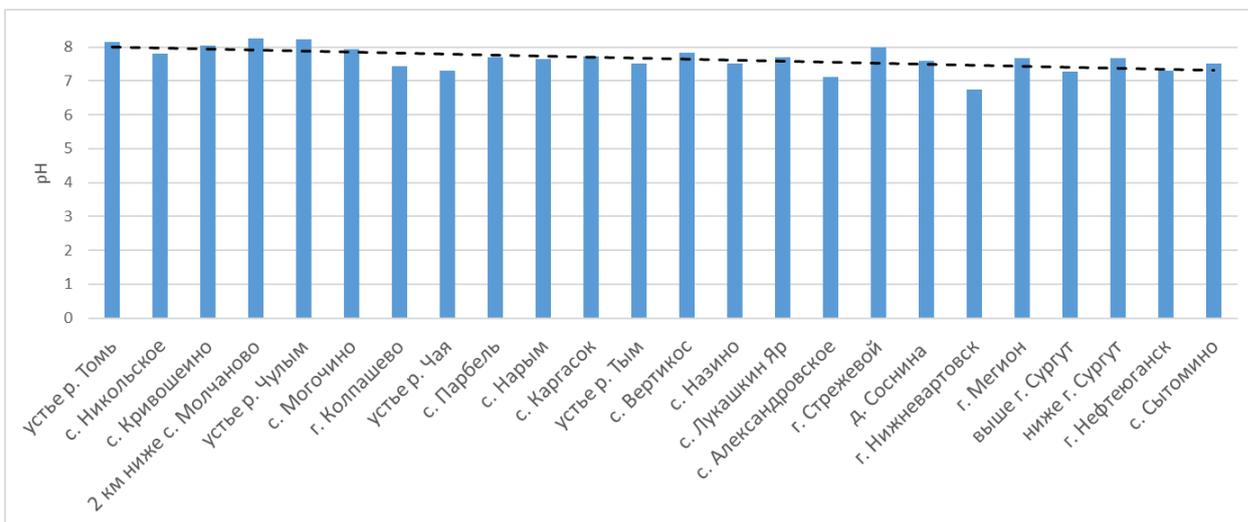


Рисунок 2.9. Характер пространственной изменчивости водородного показателя в водах среднего течения р. Обь

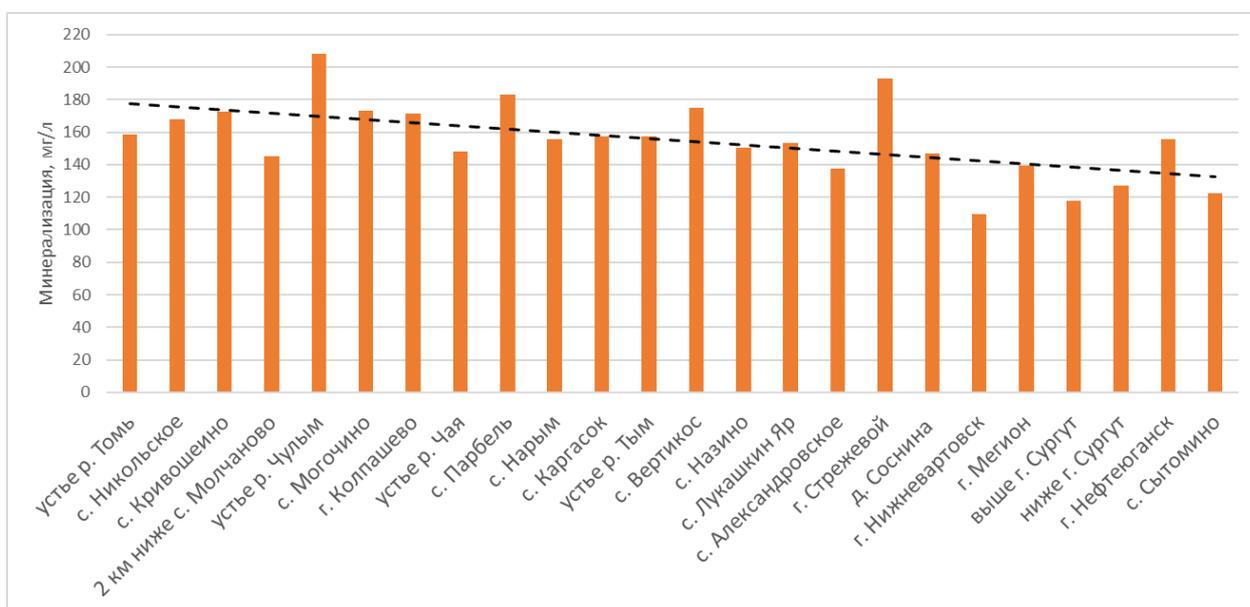


Рисунок 2.10. Характер пространственной изменчивости минерализации в водах среднего течения р. Обь

Пространственное поведение главных ионов в водах р. Обь имеет значительную схожесть. Это относится ко всем основным анионам - гидрокарбонат-иону, сульфат-иону и хлорид-иону.

Среднее содержание гидрокарбонат-иона вниз по течению от устья р. Томь до с. Сытомино уменьшается, но незначительно, что наглядно видно на рисунке 2.11. Среди всех значений гидрокарбонат-иона в пространственном отношении стоит отметить 2 скачка – это после впадения р. Чулым, где значение достигает 151 мг/л, и в г. Стрежевой – 122 мг/л. Такая же картина наблюдается и у кальция, включая и совпадения скачков средних содержаний – 35 и 32 мг/л соответственно (рисунок 2.12).

Значительные количества гидрокарбонат-ионов обычно поступают вместе с атмосферными осадками и грунтовыми водами, но также их источником часто служат сточные воды от предприятий химической промышленности.

Содержание сульфат-ионов на протяжении всего исследуемого участка имеет стабильный характер. Исключения составляют несколько значений: в районе с. Парбель и г. Нефтеюганск, где концентрация сульфат-иона достигает максимальных значений 16 и 19 мг/л соответственно.

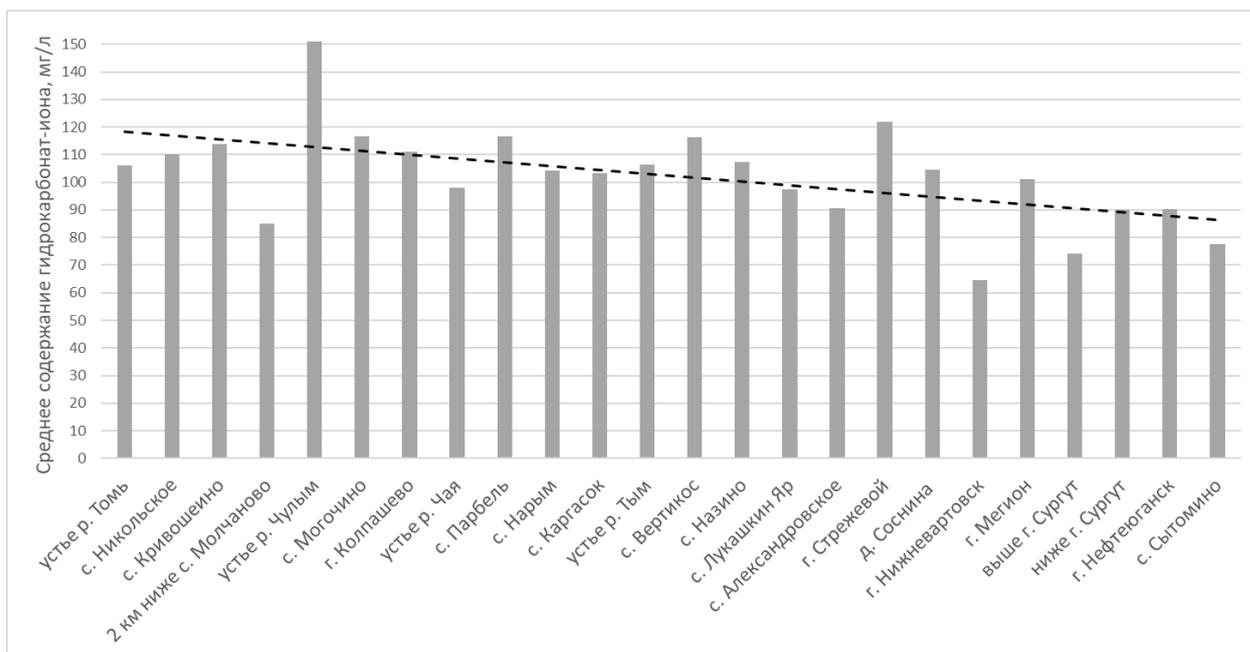


Рисунок 2.11. График пространственной изменчивости среднего содержания гидрокарбонат-иона в водах р. Обь

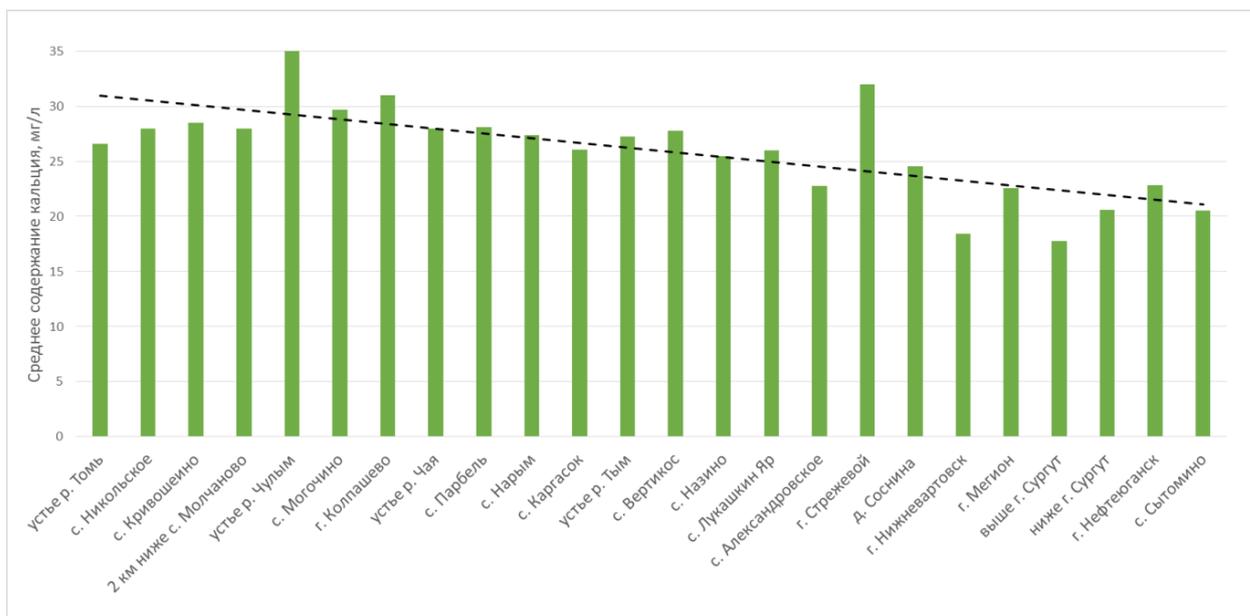


Рисунок 2.12. График пространственной изменчивости среднего содержания кальция в водах р. Обь

Среднее содержание хлорид-иона также, как и сульфат-иона, стабильно на всем протяжении. Его уровень в исследуемых водах не превышает 10 мг/л и колеблется в интервале значений от 1 до 9 мг/л.

Присутствие в речной воде Na^+ и K^+ обусловлено в основном растворением коренных пород. Малое содержание K^+ , в сравнении с содержанием Na^+ , объясняется тем, что большая его часть поглощается почвами и извлекается из воды растениями. На всем протяжении исследуемого участка от устья р. Томь до г. Нижневартовск содержание этих компонентов в водах наблюдается на одном уровне и не превышает 10 мг/л за исключение 3-х точек наблюдения, где содержание возрастает, но тоже незначительно (до 12 мг/л) – в районах с. Парабель, г. Стрежевой и г. Нефтеюганск.

Органическое вещество. Изучение особенностей поведения органического вещества в водах показало, что наблюдается незначительный рост среднего значения величины ХПК от устья р. Томь до г. Нижневартовска (таблица 2.10). При этом его максимальные величины приходятся на места расположения крупных населенных пунктов, на территории которых возможна производственная деятельность. Это могут быть лесопромышленные комплексы, на которых складировается лес и в результате разложения некоторой его части происходит выделение продукта гниения – фенола, что в свою очередь может увеличивать значение ХПК. Например, такой процесс наблюдается в районе с. Нарым.

Отмеченные величины ХПК, которые находятся в пределах от 11 мг/л (с. Кривошеино) до 38 мг/л (с. Нарым и устье р. Тым), являются достаточно высокими (рисунок 2.13). Так, для сравнения, в водах р. Томь величина этого показателя находится в пределах 5- 10 мг/л [25].

Установленное значение ХПК может быть связано как с природными, так и с антропогенными факторами. Природный фактор, характеризующий уровень ХПК, может быть связан с поступлением в воды органического вещества природного характера, представленного фульво- и гуминовыми кислотами, которые дренируются с заболоченных территорий впадающими в р. Обь крупными реками (Кеть, Тым, Вах).

Изучение особенностей поведения соединений группы азота и фосфора в пространственном отношении показало, что нитратный азот в водах присутствует в незначительных количествах и его величина стабильна на всем исследуемом участке. Содержание нитрат-ион в водах также не велико, и его концентрация снижается при движении от устья р. Томь до г. Нижневартовска. При этом снижение его концентрации в 2 раза приходится на район устья р. Чая. Содержание фосфат-иона в исследуемых водах находится на уровне сотых долей мг/л и значительных колебаний не имеет. Отмеченная особенность поведения биогенных элементов может свидетельствовать о том, что

сельскохозяйственная деятельность и жизнедеятельность населения не оказывает негативного воздействия на воды р. Обь.

Отмеченные особенности поведения этой группы компонентов состава исследуемых вод можно пронаблюдать на рисунке 2.14.

Таблица 2.10

Среднее содержание органических веществ в поверхностных водах р. Обь на участке от устья р. Томь до г. Нижневартовск, мг/л

| Место отбора проб | Среднее содержание компонентов | | | | | |
|------------------------|--------------------------------|-----------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | ХПК | Фк | Гк | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| ниже устья р. Томь | 10 | 6 | 0,4 | — | 2,7 | — |
| с. Никольское | 21 | 7 | 3,4 | — | 2,8 | — |
| с. Кривошеино | 11 | 6 | 1,8 | — | 2,3 | — |
| ниже с. Молчаново | —* | 0,4 | 0,3 | — | — | — |
| выше устья р. Чулым | 17 | 9 | 1,1 | — | — | — |
| с. Могочино | 21 | 3 | 1,7 | — | 2,5 | — |
| выше г. Колпашево | 27 | 6 | 1,9 | — | 2,1 | — |
| ниже г. Колпашево | 25 | 6 | 2,1 | 0,04 | 1,1 | 0,02 |
| ниже устья р. Чай | — | 4 | 0,8 | — | — | — |
| с. Парабель | 31 | 5 | 0,2 | — | 2,2 | — |
| выше с. Нарым | — | 4 | 0,6 | — | — | — |
| с. Нарым | 38 | 9 | 4,3 | — | 0,4 | — |
| выше устья р. Парабель | 31 | 14 | 2,8 | — | — | — |
| ниже устья р. Парабель | 27 | 10 | 2,8 | — | — | — |
| выше с. Каргасок | — | 7 | 0,9 | — | — | — |
| ниже с. Каргасок | — | 6 | 0,8 | — | <0,1 | — |
| выше устья р. Тым | 28 | 8 | 2,0 | — | — | — |
| ниже устья р. Тым | 38 | 10 | 1,6 | — | — | — |
| с. Лукашкин Яр | 30 | 9 | 1,5 | — | — | — |
| с. Александровское | 29 | 8 | 2,4 | 0,02 | 0,7 | <0,01 |
| г. Стрежевой | 27 | 10 | 2,6 | — | — | — |
| г. Нижневартовск | — | 3 | 0,7 | 0,07 | <0,1 | 0,01 |

Примечание: —* - данные отсутствуют

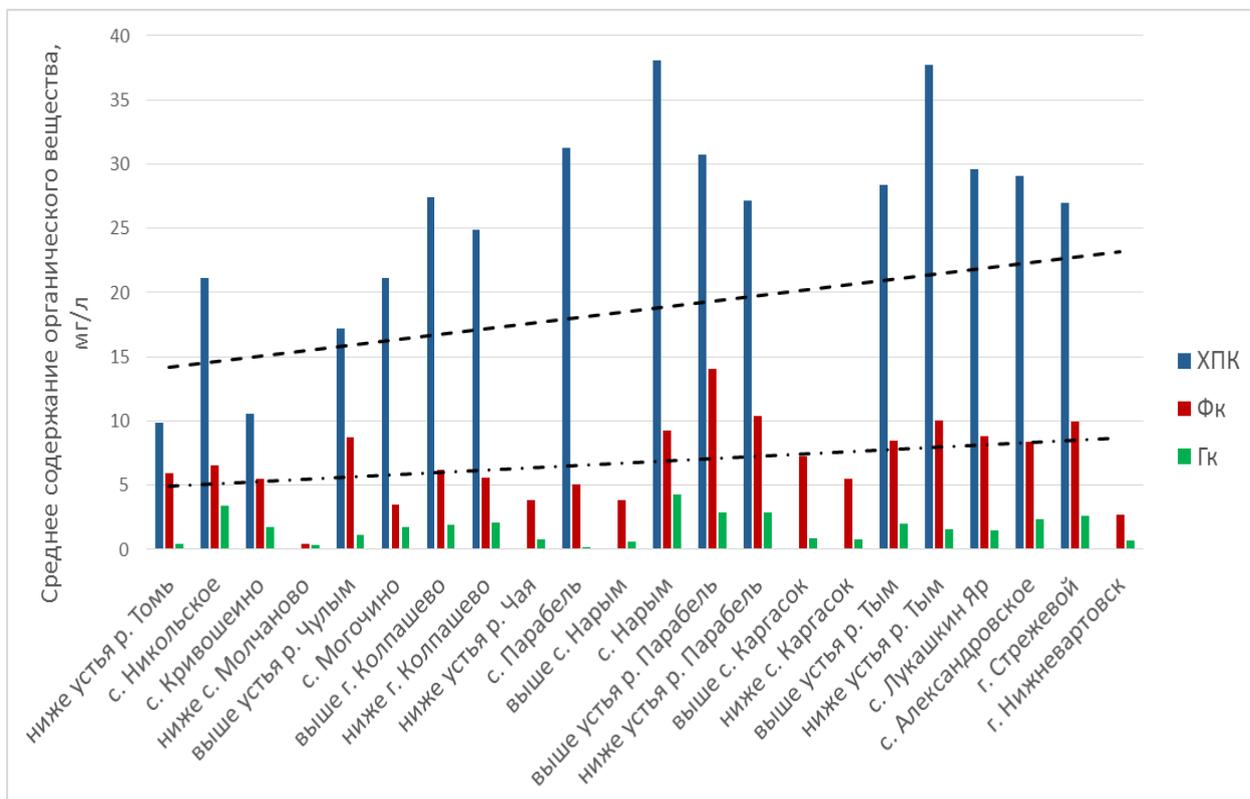


Рисунок 2.13. График изменения среднего содержания ХПК, фульво- и гуминовых кислот в водах р. Обь от устья р. Томь до г. Нижневартовск

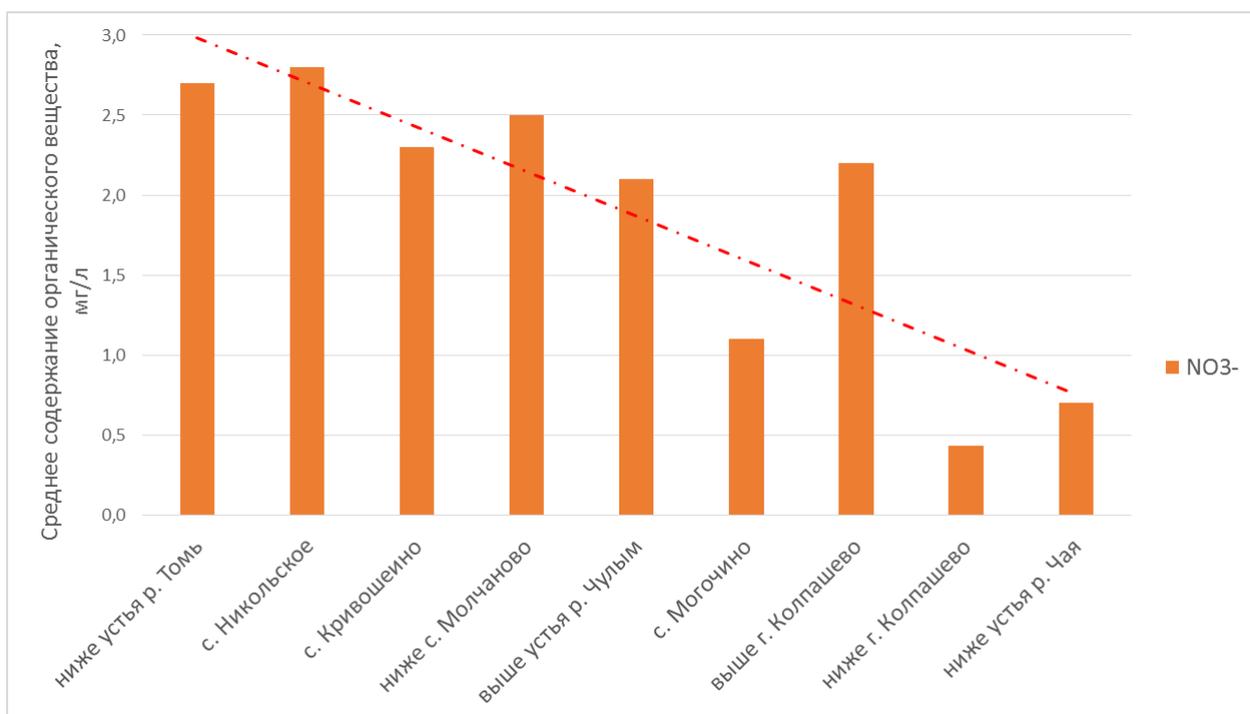


Рисунок 2.14. График пространственной изменчивости среднего содержания нитратов в водах р. Обь

Микрокомпоненты. Анализ данных по среднему содержанию микроэлементов в поверхностных водах среднего течения р. Обь показал, что по мере движения от устья р. Томь до г. Нижневартовска происходит незначительное увеличение содержания в водах

цинка, свинца, висмута, кремния и железа общего. Медь и ртуть не изменяют своего среднего содержания на исследуемом участке (таблица 2.11).

Таблица 2.11

Среднее содержание микроэлементов в поверхностных водах р. Обь на участке от устья р.

Томь до г. Нижневартовск, мг/л

| Место отбора проб | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe _{общ} |
|---|--------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------------------|
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| ниже устья р. Томь | 0,057 | 0,5 | 1,3 | 5 | 0,14 | 0,06 | 30 | 3,2 | 1,1 |
| с. Никольское | 0,020 | 0,5 | 1,1 | 44 | 0,22 | 0,01 | 1 | 2,3 | 1,0 |
| с. Кривошеино | 0,026 | 0,4 | 1,7 | 21 | 0,25 | 0,06 | 1 | 3,0 | 1,2 |
| ниже с. Молчаново | 0,170 | 0,1 | 0,5 | <1 | 0,10 | 0,13 | — | 4,1 | 0,5 |
| выше устья р. Чулым | 0,070 | 0,5 | 4,8 | 13 | 0,70 | 0,47 | 4 | 1,8 | 1,0 |
| с. Могочино | 0,023 | 0,4 | 1,9 | 5 | 0,11 | 0,04 | 35 | 2,9 | 0,8 |
| выше г. Колпашево | 0,021 | 0,6 | 1,4 | 16 | 0,37 | 0,04 | 9 | 2,4 | 0,4 |
| ниже г. Колпашево | 0,034 | 1,6 | 1,9 | 5 | 0,17 | 0,04 | 8 | 2,8 | 0,4 |
| ниже устья р. Чая | 0,011 | 0,1 | 1,0 | 1 | 0,10 | 0,22 | — | 5,8 | 2,0 |
| с. Парабель | 0,024 | 0,3 | 0,9 | 6 | 0,14 | 0,02 | 44 | 2,0 | 0,5 |
| выше с. Нарым | 0,017 | 0,3 | 0,3 | 3 | 0,10 | 0,10 | — | 3,4 | 1,9 |
| с. Нарым | 0,060 | 0,9 | 1,4 | 13 | 0,18 | 0,09 | 10 | 3,3 | 1,1 |
| выше устья р. Парабель | 0,010 | 0,5 | 2,0 | 43 | 0,04 | 0,02 | 8 | 2,4 | 0,6 |
| ниже устья р. Парабель | 0,030 | 1,8 | 2,0 | 11 | 0,07 | 0,01 | 44 | 2,9 | 0,5 |
| выше с. Каргасок | 0,008 | 0,3 | 0,8 | 4 | 0,10 | 0,03 | — | 3,6 | 1,9 |
| ниже с. Каргасок | 0,022 | 0,6 | 0,9 | 1 | 0,10 | 0,03 | — | 4,3 | 1,7 |
| выше устья р. Тым | 0,080 | 0,8 | 2,4 | 65 | 0,20 | 1,06 | 41 | 2,6 | 1,7 |
| ниже устья р. Тым | 0,070 | 1,3 | 1,3 | 121 | 0,25 | 0,08 | 29 | 3,6 | 1,6 |
| с. Лукашкин Яр | 0,062 | 0,4 | 1,2 | 30 | 0,14 | 0,19 | 4 | 3,9 | 1,3 |
| с. Александровское | 0,034 | 0,9 | 2,3 | 47 | 0,10 | 0,09 | 54 | 2,8 | 0,7 |
| г. Стрежевой | 0,040 | 0,5 | 2,8 | 25 | 0,15 | 0,01 | 4 | 3,1 | 0,3 |
| г. Нижневартовск | 0,194 | 0,4 | 2,0 | 2 | 0,14 | 0,01 | — | 4,1 | 1,5 |
| г. Сургут | 0,090 | 1,0 | 1,0 | 6 | 0,10 | 0,05 | — | 3,6 | 1,8 |
| <i>Среднее содержание компонентов в речных водах [32]</i> | — | 3,0 | 7,0 | 20 | 0,2 | 0,07 | 8,2 | — | 0,67 |

Примечание: —* - данные отсутствуют

Среди исследованных микрокомпонентов существуют как очень низкие содержания отмеченных компонентов в водах р. Обь, так и очень высокие, что может свидетельствовать о поступлении этих элементов в воды от техногенных источников. Высокие содержания микрокомпонентов наблюдаются в единичных случаях и в основном приурочены к крупным населенным пунктам и в местах впадения в р. Обь крупных притоков.

Для таких элементов как медь и свинец высоких концентраций в водах реки не обнаружено, они находятся либо на уровне, либо значительно ниже средних содержаний, характерных для речных вод [33].

То же самое наблюдается и у кадмия, за исключением нескольких повышенных на общем фоне значений, приуроченных к району устья р. Чулым (0,7 мкг/л) и г. Колпашево (0,37 мкг/л). Источниками попадания кадмия в поверхностные воды могут быть отходы нефтяной отрасли, осадки сточных вод, фосфорные удобрения, выхлопные газы и т.д.

Для таких элементов как висмут и ртуть выявлены повышенные концентрации, выделяющиеся на фоне остальных значений, в районе сел Молчаново, Нарым, устья р. Тым и города Нижневартовск (рисунок 2.16).

Источниками появления таких концентраций микроэлементов могут быть сточные воды фармацевтических производств (висмут, ртуть), выхлопные газы, металлургические предприятия, выбросы в атмосферу при сжигании топлива (нефть, бензин).

Высокие концентрации цинка в основном приурочены к территории бассейна реки Тым и с. Александровское (рисунок 2.15). Источниками его появления в водах реки могут быть сточные воды гальванических цехов, комбинатов цветной металлургии и тепловых электростанций, а также могут поступать в воды реки с удобрениями, пестицидами и промышленными отходами.

Наибольшая концентрация среднего содержания железа и марганца наблюдается после впадения крупных притоков с заболоченных территорий и объясняется специфическими природными факторами: недостаток кислорода и преобладание грунтового питания в подледный период, а также привнос органики и железистого материала с заболоченных территорий.

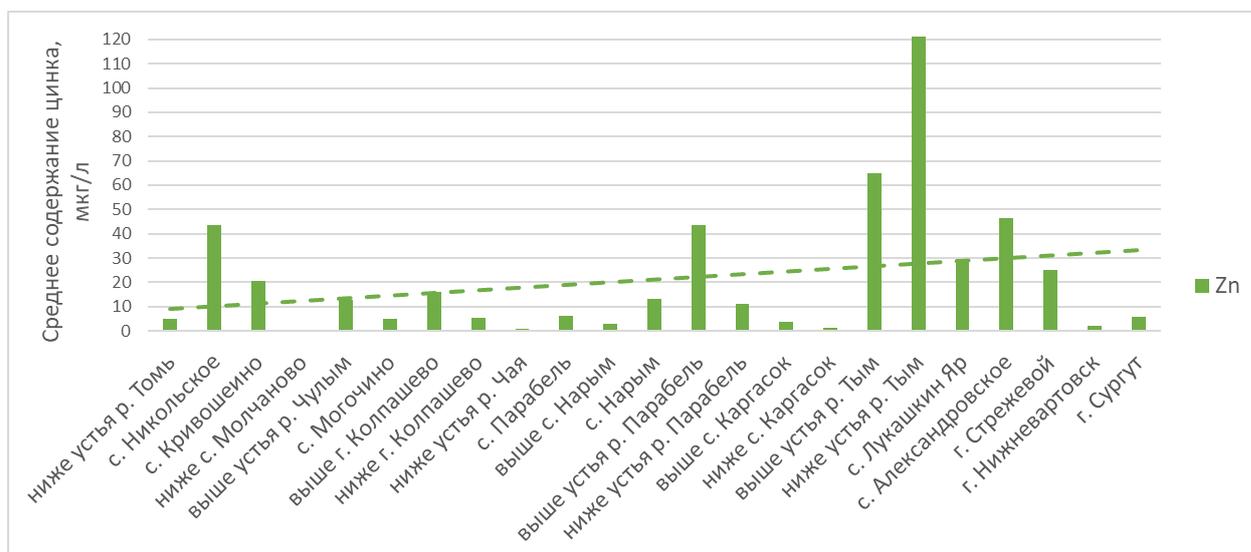


Рисунок 2.15. График пространственной изменчивости среднего содержания цинка в водах среднего течения р. Обь

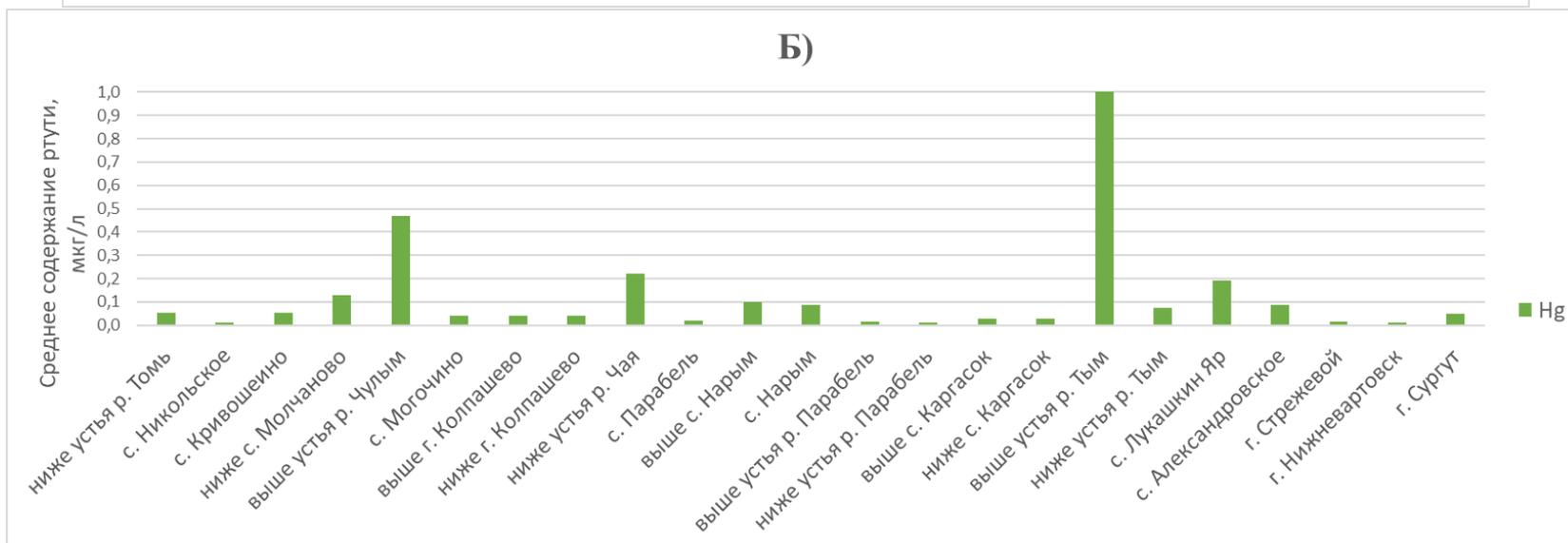
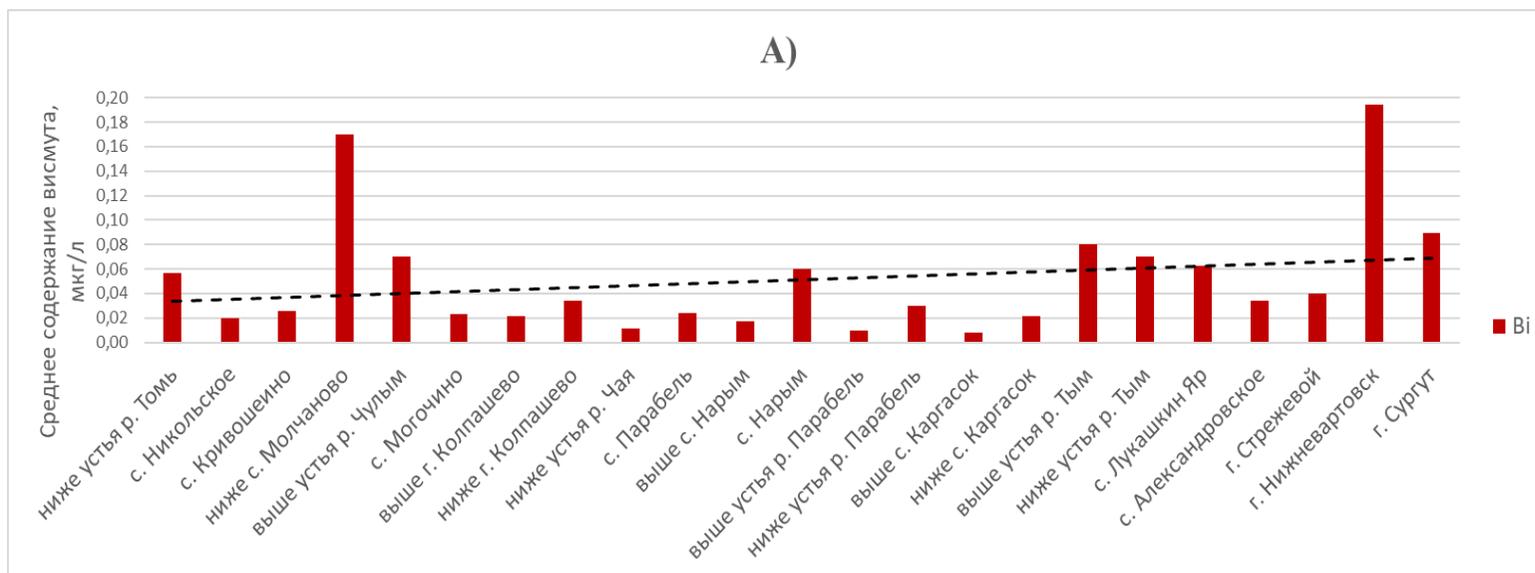


Рисунок 2.16. График пространственной изменчивости содержания висмута (А) и ртути (Б) в водах среднего течения р. Оби

2.6 Временная изменчивость химического состава вод среднего течения р.

Оби

По мере развития промышленных комплексов и различной хозяйственной деятельности со временем происходит увеличение количества сбросов сточных вод, а также накопление химических элементов и соединений в реках. Наблюдение за состоянием химического состава р. Обь во времени позволит выявить характер и причины нарастающего антропогенного влияния.

Особенности временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении рассматривались в период с 1956 по 2016 гг. Объединенные данные по среднему содержанию основных макрокомпонентов, величине рН и минерализации за указанный период времени представлены в таблице 2.12.

Исследуемый период времени характеризуется увеличением значения рН – переход вод из пресных в категорию слабощелочных; минерализация не имеет тенденции ни к росту, ни к уменьшению, ее значение стабильно. Такое же, как и у минерализации, поведение наблюдается у гидрокарбонат-иона, хлорид-иона и магния. У таких элементов как сульфат-ион, уголекислота связанная, натрий и калий происходит незначительное снижение содержания в период с 1956 по 2016 гг. Химический тип вод весь представленный период времени не изменяется и является гидрокарбонатным кальциевым.

Таблица 2.12

Средний химический состав поверхностных вод среднего течения р. Обь в период с 1956 по 2016 г., мг/л

| Год | рН | М.* | HCO ₃ ⁻ | CO ₂ ^{св} | SO ₄ ²⁻ | Cl ⁻ | Ca ²⁺ | Mg ²⁺ | Na ⁺ +K ⁺ | Химический тип вод |
|------|-----|------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|------------------|------------------|---------------------------------|-----------------------|
| 1956 | 7,1 | 127 | 83 | 17 | 12 | 1 | 21 | 4 | 7 | HCO ₃ - Ca |
| 1959 | 6,9 | 188 | 123 | 2 | 14 | 3 | 33 | 4 | 11 | HCO ₃ - Ca |
| 1961 | 7,2 | 169 | 112 | 9 | 13 | 2 | 30 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| 1968 | 7 | 164 | 104 | 7 | 16 | 5 | 26 | 4 | 10 | HCO ₃ - Ca |
| 1970 | 7 | 144 | 94 | 6 | 11 | 3 | 26 | 4 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| 1975 | 7 | 145 | 89 | 9 | 15 | 5 | 24 | 5 | 8 | HCO ₃ - Ca |
| 1991 | 8 | 197 | 125 | —** | 15 | 6 | 32 | 7 | 12 | HCO ₃ - Ca |
| 1999 | 8 | 137 | 88 | — | 11 | 2 | 24 | 3 | 5 | HCO ₃ - Ca |
| 2016 | 8 | 149 | 107 | 6 | 6 | 2 | 25 | 5 | 6 | HCO ₃ - Ca |

Примечание: М* - минерализация, —** - данные отсутствуют

Временной характер поведения величины рН представлен на рисунке 2.17, где хорошо видно, что в период с 1991 г. отмечается увеличение рН исследуемых вод с 7,0 до 8,0 единиц. Но в целом, рост средних величин кислотно-щелочного показателя в период с 1956 по 2016 гг. незначителен – воды являются преимущественно нейтральными. Увеличение

значений рН до ее перехода в условия слабощелочных вод в основном наблюдается в период с 1991 по 2016 гг.

Увеличение значения рН речных вод может указывать на поступление в воды р. Обь загрязняющих веществ, связанный с ростом и развитием промышленности и производственной деятельности, сбрасывающих сточные воды, содержащие сильные кислоты и основания.

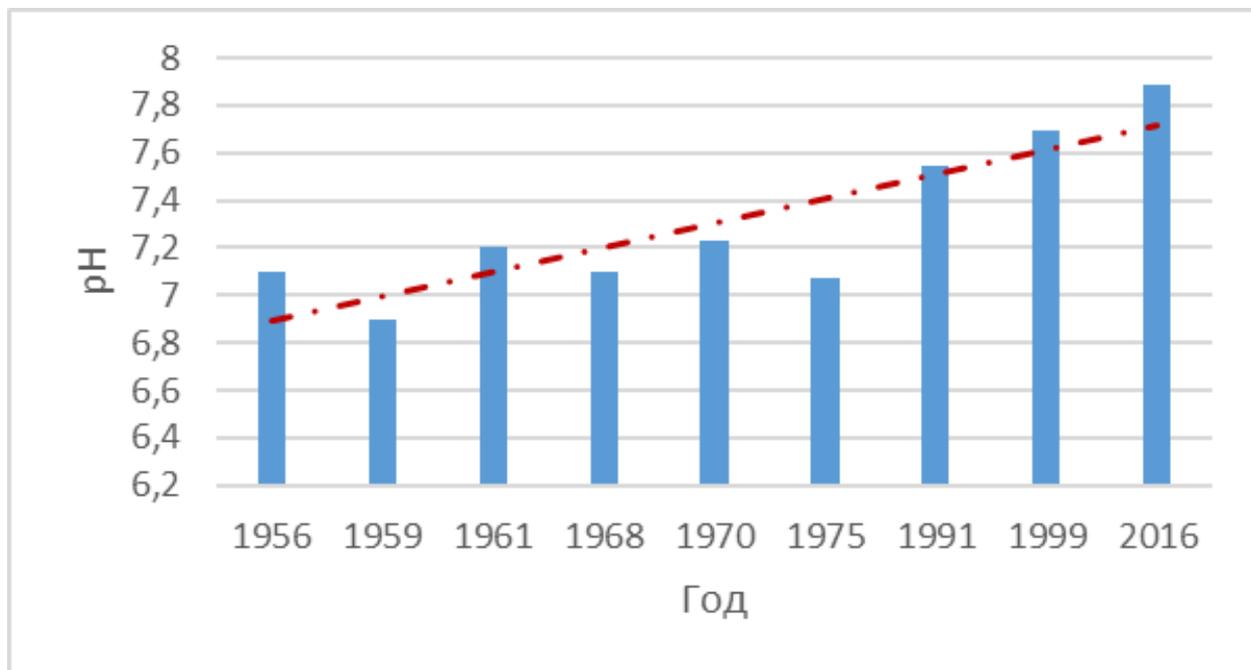


Рисунок 2.17. График временной изменчивости водородного показателя в водах р. Обь

Изменение минерализации во времени на исследуемом участке (рисунок 2.18) характеризуется колебаниями в небольшом интервале единиц. Минимальное среднее значение наблюдается в 1956 г. – 127 мг/л, а максимальное в 1991 г. – 196 мг/л. Воды являются преимущественно пресными. Общей тенденции к росту минерализации в исследуемый период времени нет.

Основной причиной изменения содержания в воде солей является сброс неочищенных сточных вод от производств нефте- и газодобывающих отраслей, сельского хозяйства и т.д.. Помимо этого, имеет место быть и природному фактору, влияющему на изменение минерализации – сезон года. Изменяются условия поступления минеральных веществ в воду: в зимнее время преобладает подземное питание, и минерализация речных вод увеличивается, с наступлением весны при поступлении дождевой и талой воды значение минерализации уменьшается, происходит так называемое «разубоживание» вод.

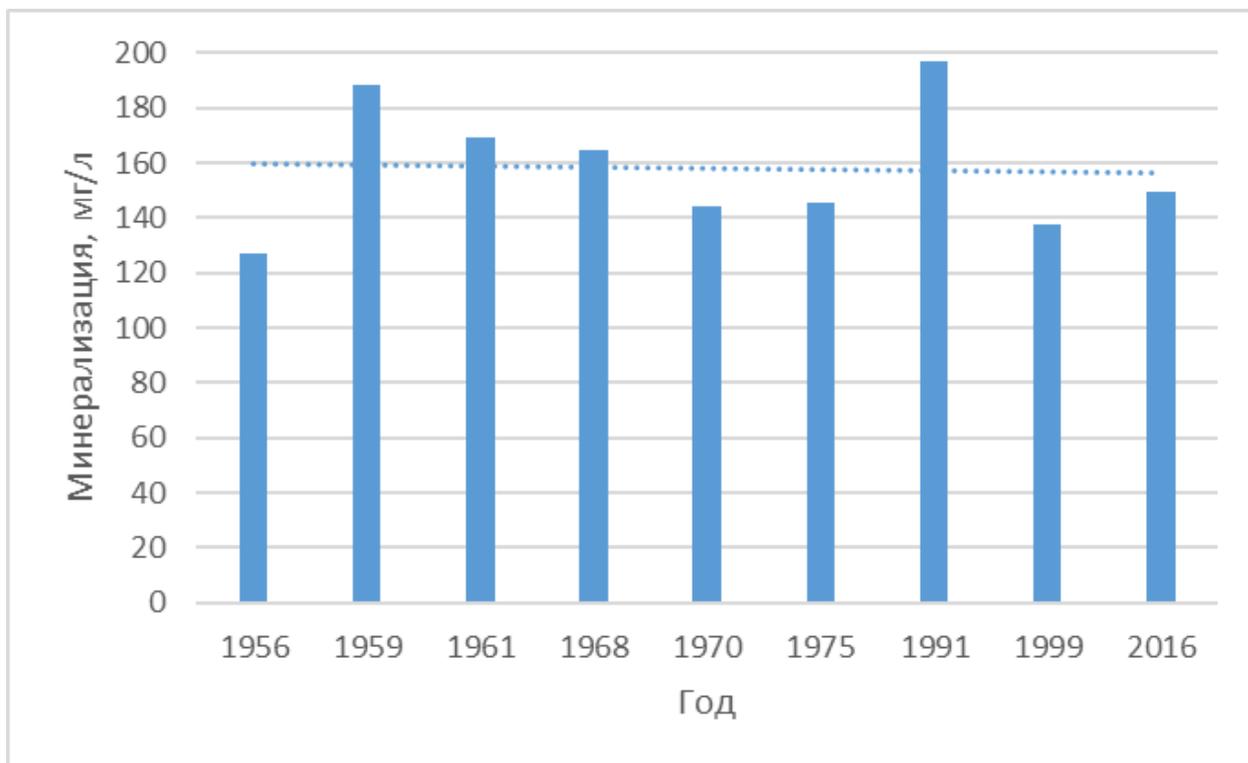


Рисунок 2.18. График временной изменчивости минерализации в водах р. Обь

Изменение содержания гидрокарбонат-иона в исследуемый период времени сопровождается несколькими скачками (рисунок 2.19). В 1956 г. мы видим минимальное среднее содержание гидрокарбоната в водах р. Обь – 83 мг/л. В 1959 году его содержание заметно увеличивается до 123 мг/л и затем наблюдается уменьшение среднего содержания гидрокарбоната вплоть до 1975 г. со 123 мг/л до 89 мг/л. В 1991 г. вновь происходит резкое увеличение до максимального значения в исследуемом периоде времени – 125 мг/л. К 2016 г. среднее его содержание уменьшается, достигая среднего значения за весь исследуемый период – 103 мг/л.

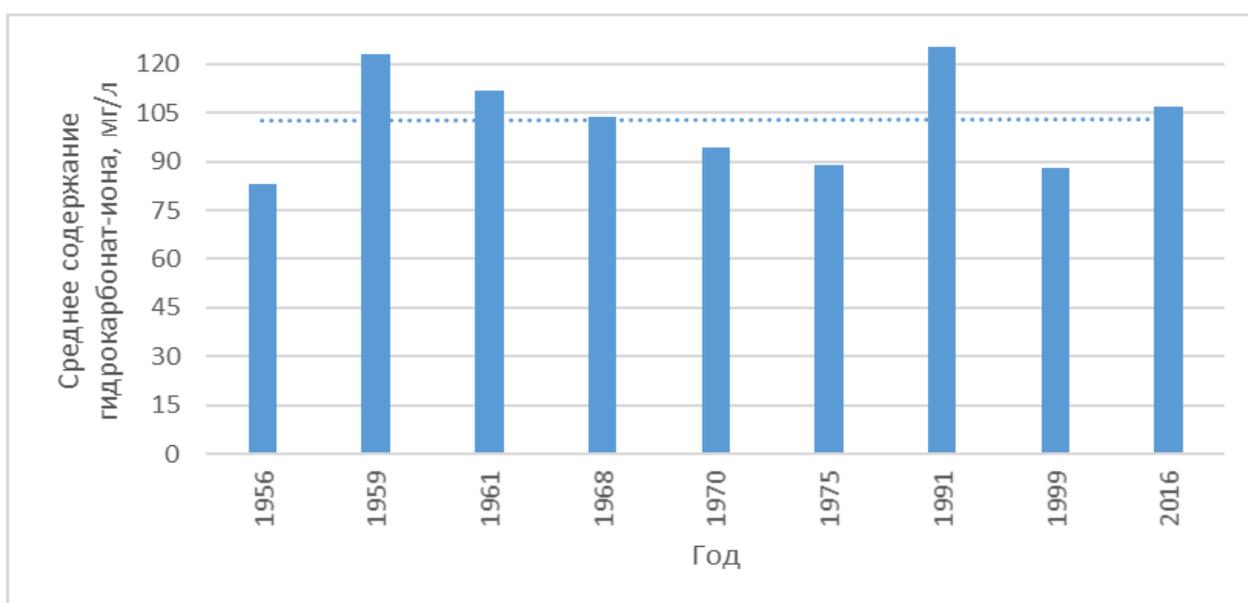


Рисунок 2.19. График временной изменчивости среднего содержания гидрокарбонат-иона в водах р. Обь

Среднее содержание сульфат-иона и хлорид-иона в водах р. Обь во временном отношении изменяется незначительно, в пределах погрешности метода определения.

Временное изменение средних содержаний основных катионов в исследуемых водах не выражено сильными скачками значений. Минимальное содержание кальция наблюдается в 1956 г – 21 мг/л, максимальное в 1959 г – 33 мг/л. На протяжении исследуемого периода времени его содержание изменяется в небольших пределах, не превышающих 10-12 единиц. Магний стабилен в анализируемый период времени и не превышает 5 мг/л, за исключением единичного случая в 1991 г, где среднее содержание его достигает 7 мг/л. Среднее содержание натрия и калия равно 8 мг/л. В отдельных случаях его содержание увеличивается до 10-11 мг/л, это наблюдается в 1959, 1968 и 1991 гг.

Причиной возникновения единичных случаев с более высокими содержаниями компонентов в воде, по сравнению со средними значениями за исследуемый период времени, могут быть погрешности замеров результатов или воздействие природных факторов.

Органическое вещество. Анализ среднего содержания органических веществ в поверхностных водах среднего течения р. Обь показал, что величина перманганатной окисляемости не имеет заметных изменений, в то время как у ХПК, Фк, Гк и нитрат-иона заметно снижение средних содержаний. Фосфат- и нитрат-ионы содержатся практически на одном уровне (таблица 2.13).

Таблица 2.13

Среднее содержание органических веществ в поверхностных водах среднего течения р. Обь

| Год | Концентрация компонентов, мг/л | | | | | | |
|------|--------------------------------|-----------|-------------|------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| | Ок. перм.* | ХПК | Фк | Гк | PO ₄ ³⁻ | NO ₃ ⁻ | NO ₂ ⁻ |
| 1956 | 9 | — | — | — | — | — | — |
| 1959 | 6 | — | — | — | — | — | — |
| 1961 | 7 | — | — | — | — | 0,3 | — |
| 1968 | 6 | — | — | — | 0,037 | 1,1 | <0,01 |
| 1970 | 9 | — | — | — | 0,033 | 0,9 | 0,03 |
| 1975 | 9 | — | — | — | 0,063 | 0,3 | 0,01 |
| 1991 | —** | 28 | 10,4 | 2,9 | 1,051 | 2,3 | — |
| 1999 | — | 28 | 3,4 | 0,6 | — | — | — |
| 2016 | — | 26,5 | — | — | 0,068 | <0,1 | 0,03 |

Примечание: Ок. перм.* - окисляемость перманганатная, —** - данные отсутствуют.

Исследуемый период времени характеризуется заметными изменениями среднего содержания органического вещества на общем фоне в 1991 г.

Максимальная величина перманганатной окисляемости приходится на 1956, 1970 и 1975 гг и составляет 9 мг/л. ХПК имеет максимальное значение в 1991 и 1999 гг. и

достигает 28 мг/л, однако к 2016 г. происходит его, хоть и незначительное, но снижение до 26,5 мг/л. Фульвокислоты достигают своего максимального содержания в 1991 году – 10,4 мг/л, тоже самое наблюдается с содержанием гуминовых кислот – 2, мг/л, фосфата - >1,0 мг/л и нитрата – 2,3 мг/л. Их концентрации уменьшаются к 2016 г. (рисунок 2.20, 2.21). Содержание нитрита ничтожно мало и не превышает 0,03 мг/л.

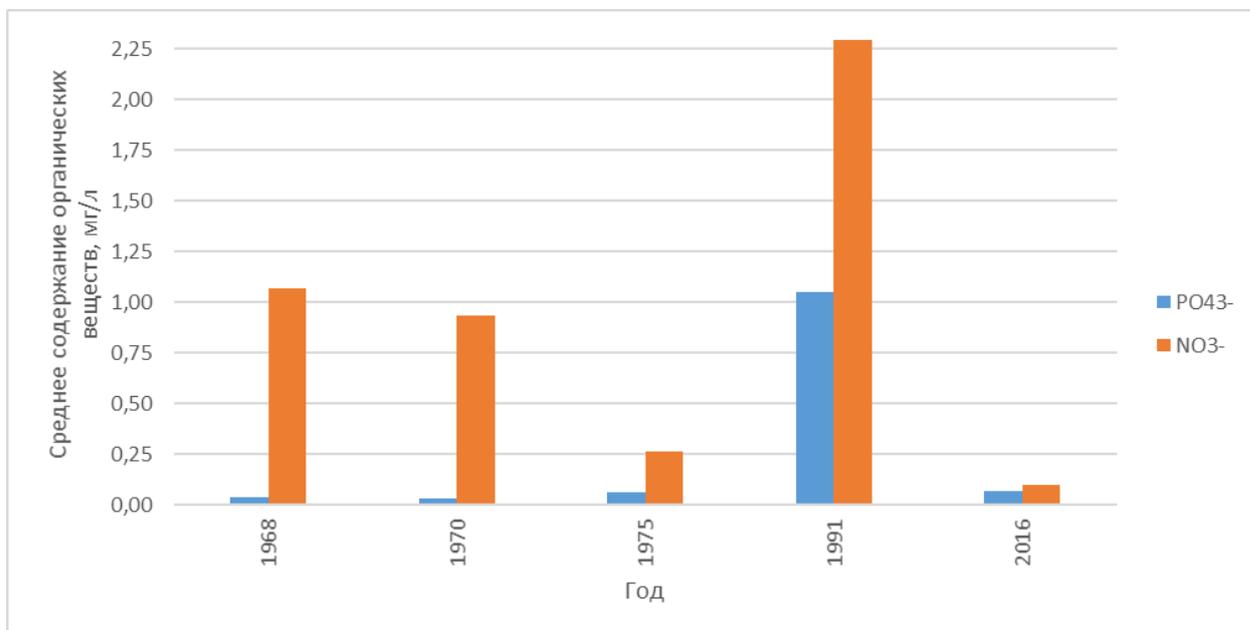


Рисунок 2.20. График временной изменчивости среднего содержания фосфат- и нитрат-ионов в водах среднего течения р. Обь

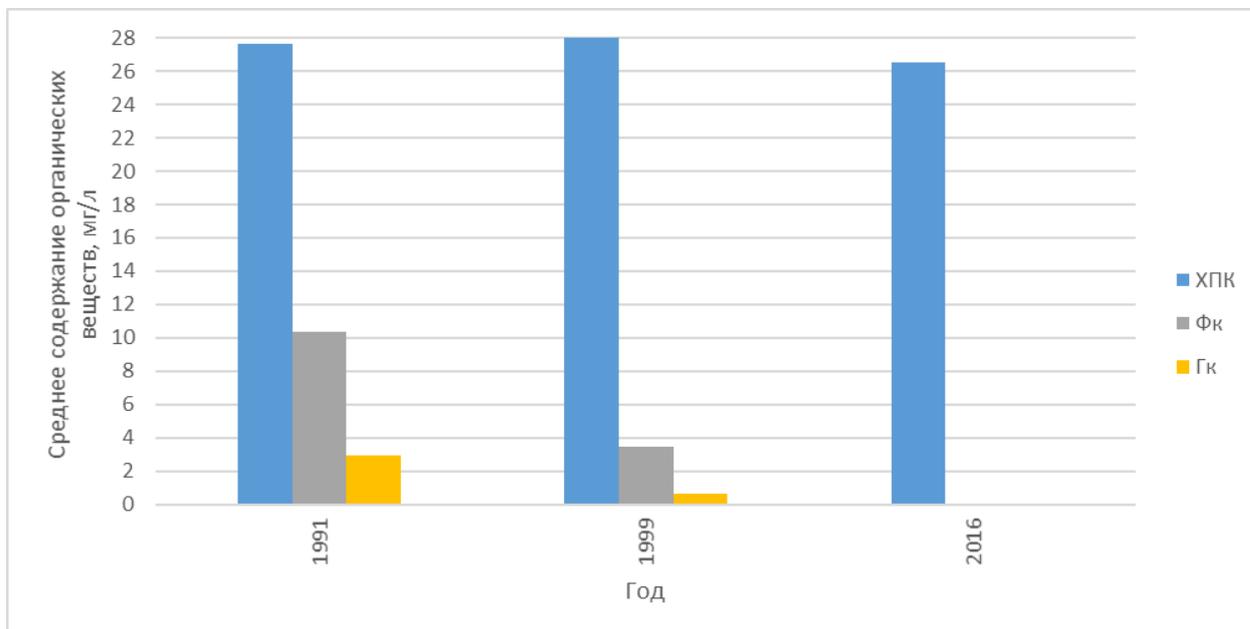


Рисунок 2.21. График временной изменчивости среднего содержания ХПК, Фк и Гк в водах среднего течения р. Обь

Микрокомпоненты. Анализ данных микрокомпонентного состава поверхностных вод р. Обь показал, что в исследуемый период времени происходит заметное снижение концентраций практически всех микроэлементов. Так, в период с 1991

по 2016 гг. наблюдается явное снижение концентраций висмута, свинца, меди, цинка, кадмия и ртути (рисунок 2.22). Это связано с тем, что происходит уменьшение техногенной нагрузки или усовершенствование сооружений очистки сточных вод на промышленных предприятиях, расположенных на исследуемой территории.

Концентрация висмута с 1991 по 2016 гг. снижается с 0,045 до 0,003 мкг/л, также за этот промежуток времени снижается содержание свинца с 0,8 до 0,3 мкг/л, цинка – с 42 до 3 мкг/л, кадмия – с 0,24 до 0,05 мкг/л, а ртути с 0,13 мкг/л становится менее 0,05 мкг/л. Среднее содержание железа общего не превышает 0,6 мг/л, за исключением превышения до 0,9 и 1,6 мг/л в 1991 и 1999 гг. соответственно. Кремний изменяется незначительно, отличные от общего фона значения наблюдаются в 1975 (4,3 мг/л) и 1999 (4,2 мг/л) гг. (таблица 2.14).

Увеличение концентрации марганца с 1991 по 2016 гг. более чем в 2,5 раза может свидетельствовать о техногенном воздействии на воды р. Обь в виде сточных вод с предприятий химической промышленности или металлургических заводов.

Таблица 2.14

Среднее содержание микроэлементов в поверхностных водах среднего течения р. Обь

| Год | Концентрация компонентов | | | | | | | | |
|------|--------------------------|------------|------------|-----------|-------------|-------------|-----------|------------|-------------------|
| | Bi | Pb | Cu | Zn | Cd | Hg | Mn | Si | Fe _{общ} |
| | мкг/л | | | | | | | мг/л | |
| 1956 | —* | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 0,3 |
| 1959 | — | — | — | — | — | — | — | 2,0 | 0,2 |
| 1961 | — | — | — | — | — | — | — | 2,6 | 0,2 |
| 1968 | — | — | — | — | — | — | — | 2,1 | 0,2 |
| 1970 | — | — | — | — | — | — | — | 2,4 | 0,3 |
| 1975 | — | — | — | — | — | — | — | 4,3 | 0,6 |
| 1991 | 0,045 | 0,8 | 2,2 | 42 | 0,24 | 0,13 | 19 | 2,6 | 0,9 |
| 1999 | 0,048 | 0,5 | 1,0 | 6 | 0,12 | 0,09 | — | 4,2 | 1,6 |
| 2016 | 0,003 | 0,3 | 1,8 | 3 | 0,05 | <0,05 | 55 | 2,0 | 0,6 |

Примечание: —* - данные отсутствуют.

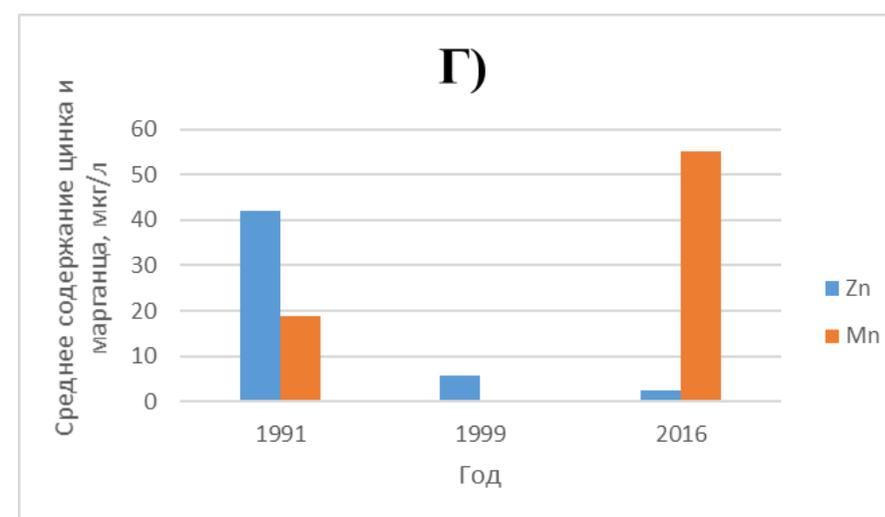
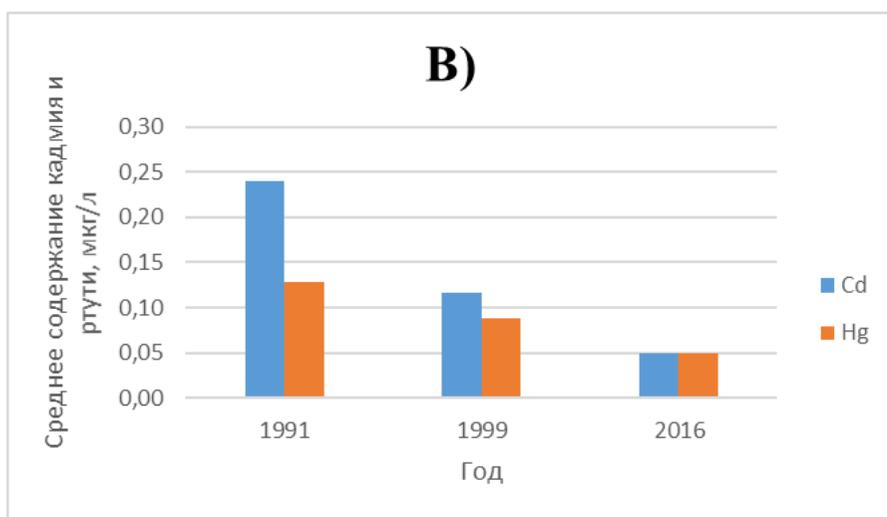
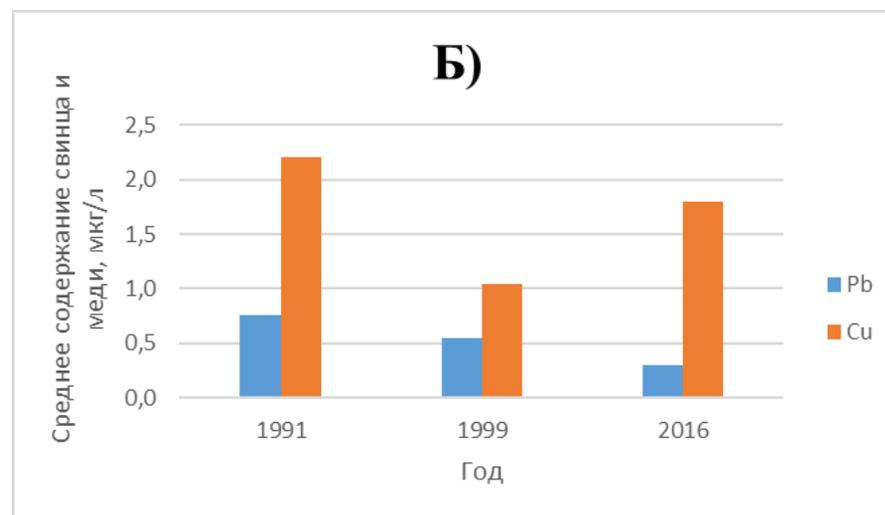
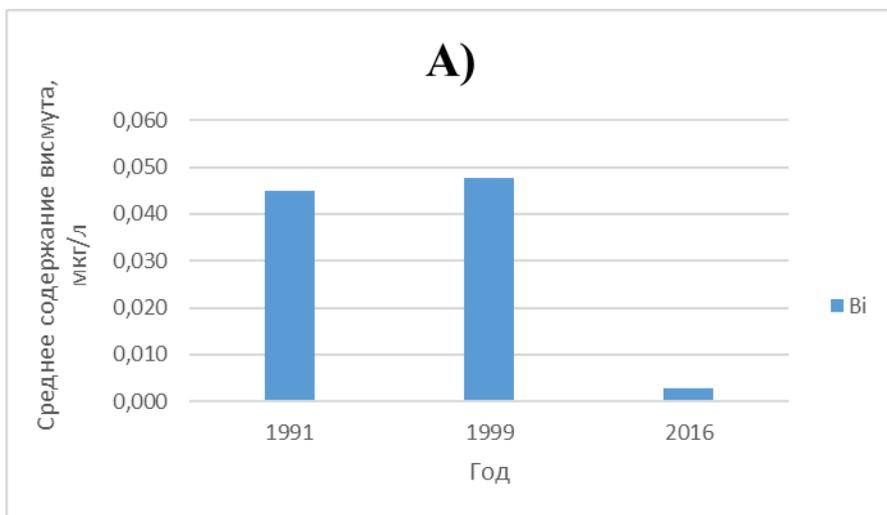


Рисунок 2.22. Временное изменение среднего содержания микроэлементов в среднем течении р. Обь (А – висмут; Б – свинец, медь; В – кадмий, ртуть; Г – цинк, марганец)

2.7 Степень загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении (по коэффициенту комплексности)

Для получения комплексной оценки степени загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении проведена обработка и обобщение информации о химическом составе поверхностных вод.

На основе результатов химического анализа вод р. Обь на указанном участке проведена комплексная оценка степени загрязненности этих вод. Для этого использован метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям, изложенный в РД 52.24.643-2002 [75]. В его основе лежит принцип выбора показателей состава вод, содержание которых в исследуемых водах превышает предельно допустимые концентрации (ПДК).

В качестве норматива используется предельно допустимые концентрации вредных веществ для вод объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, представленных в ГН 2.1.5.1315-03 [45].

Конструктивной особенностью метода комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям является проведение детального покомпонентного анализа химического состава вод и последующее использование полученных оценочных составляющих для одновременного учета комплекса наблюдаемых ингредиентов и показателей качества воды.

Первым составным элементом метода комплексной оценки является определение уровня загрязненности воды водного объекта, рассчитанного по реальным концентрациям совокупности загрязняющих веществ и соответствующим им нормативам.

Следующим составным элементом рекомендуемого метода оценки является частота обнаружения концентраций, превышающих нормативы. Этот показатель представляет собой косвенную оценку продолжительности загрязнения воды.

Сочетание уровня загрязненности воды определенными загрязняющими веществами и частоты обнаружения случаев нарушения нормативных требований позволяет получить комплексные характеристики, соответствующие «долям» загрязненности, вносимым каждым ингредиентом и показателем загрязненности в общее качество воды.

Наиболее информативными комплексными оценками, получаемыми по данному методу, являются:

- удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ);
- класс качества воды.

Значение УКИЗВ может варьировать в водах различной степени загрязненности от 1 до 16. Большому значению индекса соответствует худшее качество воды.

Классификация качества воды, проведенная на основе значений УКИЗВ, позволяет разделять поверхностные воды на 5 классов в зависимости от степени их загрязненности:

- 1-й класс - условно чистая;
- 2-й класс - слабо загрязненная;
- 3-й класс - загрязненная;
- 4-й класс - грязная;
- 5-й класс - экстремально грязная [75].

2.7.1 Расчет коэффициента комплексности загрязненности вод

Коэффициент комплексности загрязненности вод (K_{fj}) – это относительный косвенный показатель степени загрязненности поверхностных вод [11]. Он используется непосредственно при интерпретации результатов расчета для характеристики водного объекта, т.е. по его значению выделяются категории воды водных объектов по комплексности загрязненности. Чем больше значение K_{fj} , тем большая комплексность загрязненности у воды, тем хуже ее качество и тем большее влияние на формирование качества воды оказывает антропогенный фактор.

Расчет значения коэффициента K_{fj} проводится для каждого результата анализа по формуле:

$$K_{fj} = \frac{N_{fj}^{\wedge}}{N_{fj}} \cdot 100\%,$$

где K_{fj} – коэффициент комплексности загрязненности воды в f -м результате анализа для j -го створа;

N_{fj}^{\wedge} – количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, содержание или значение которых превышает соответствующие им ПДК в f -м результате анализа для j -го створа;

N_{fj} – общее количество нормируемых ингредиентов и показателей качества воды, определенных в f -м результате анализа для j -го створа.

Расчет значения коэффициента K_{fj} для среднего течения р. Обь проведен на основе данных химического состава вод за 1991, 1999 и 2016 гг. Превышение ПДК в 1991 г. зафиксированы для кадмия, ртути и железа общего, в 1999 г. только для одного показателя – железо общее, а в 2016 г. – марганец и железо общее.

В расчеты приняты значения содержаний 12 показателей, нормируемых гигиеническими требованиями ГН 2.1.5.1315-03 [45], содержание которых представлено в таблицах 2.4-2.8 главы 2.

В результате проведенных расчетов установили, что среднее значение коэффициента комплексности загрязненности воды на исследуемом участке в 1991 г. равен 11,2 % (таблица 2.15). Согласно классификации приложения Д РД 52.24.643-2002 [75] «Категории воды водных объектов по значениям коэффициентов комплексности загрязненности воды водного объекта» и учитывая величину полученного коэффициента, исследуемые воды относятся ко II категории и загрязнение характеризуется по нескольким ингредиентам и показателям качества воды, таким как кадмий, ртуть и железо общее.

Таблица 2.15

Коэффициент комплексности загрязненности вод р. Обь (в среднем течении)

| Год | Общее количество нормируемых компонентов | Количество компонентов, содержание которых выше ПДК | K_{\min} , % | K_{\max} , % | K_{fj} среднее, % | Категория вод |
|------|--|---|----------------|----------------|---------------------|---------------|
| 1991 | 12 | 3 | 8,3 | 37,5 | 11,2 | II |
| 1999 | 10 | 1 | 10 | 10 | 10 | I |
| 2016 | 13 | 2 | 7,7 | 15,4 | 8,2 | I |

Как видно из данных таблицы в 1999 и 2016 гг. коэффициенты комплексности загрязненности вод равны 10 и 8,2 % соответственно, что относит воду к I категории и загрязнение характеризуется по единичному ингредиенту и показателю качества воды – железо общее.

При значении указанного коэффициента $K \geq 10$ % необходимо применить метод комплексной оценки качества воды по значению комбинаторного индекса загрязненности воды.

Как следует из выше приведенных значений величины K_{fj} для 2016 г. она составляет менее 10 %, поэтому для дальнейших расчетов комбинаторного индекса загрязненности вод данные не используются.

2.7.2 Расчет комбинаторного индекса загрязненности вод

Комбинаторный индекс загрязненности вод (КИЗВ) – это относительный комплексный показатель степени загрязненности поверхностных вод [11]. По этому параметру условно оценивается загрязненность вод водного объекта комплексом загрязняющих веществ, он также учитывает различные комбинации концентраций

загрязняющих веществ в условиях их одновременного присутствия. Обязательным условием для расчета его значения является наличие для исследуемых компонентов предельно допустимых концентраций. Также с помощью комбинаторного индекса загрязненности воды устанавливается класс качества воды.

Расчет значения КИЗВ и относительная оценка качества воды проводится в 2 этапа: сначала по каждому изучаемому ингредиенту и показателю загрязненности воды, затем рассматривается одновременно весь комплекс загрязняющих веществ и выводится результирующая оценка.

Для начала рассчитывается повторяемость случаев загрязненности α_{ij} , т.е. частота обнаружения концентраций, превышающих ПДК по формуле:

$$\alpha_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i} \cdot 100\%,$$

где n_{ij} - число результатов химического анализа по i -му ингредиенту в j -м створе за рассматриваемый период времени, в которых содержание или значение их превышает соответствующие ПДК;

n_i - общее число результатов химического анализа за рассматриваемый период времени по i -му ингредиенту в j -м створе.

По значению повторяемости определяется характер загрязненности воды по устойчивости загрязнения в соответствии с Приложением Е РД 52.24.643-2002 [75] «Классификация воды водных объектов по значению повторяемости случаев загрязненности» и рассчитывается частный оценочный балл по повторяемости $S_{\alpha ij}$ с помощью линейной интерполяции.

Затем производится расчет среднего значения кратности превышения ПДК $\bar{\beta}_{ij}$ только по тем результатам химического анализа проб, в которых наблюдается превышение ПДК, остальное в расчет не включаем.

$$\bar{\beta}_{ij} = \frac{\sum_{f=1}^{n_{ij}} \beta_{ifj}}{n_{ij}},$$

где $\beta_{ifj} = \frac{C_{ifj}}{ПДК_i}$ - кратность превышения ПДК по i -му ингредиенту в f -м результате химического анализа для j -го створа;

C_{ifj} – концентрация i -го ингредиента в f -м результате химического анализа для j -го створа, мг/л.

По полученным значениям средней кратности превышения ПДК определяется частный оценочный балл по кратности превышения $S_{\beta ij}$ по классификации Приложения Ж

РД 52.24.643-2002 [75] «Классификация воды водных объектов по кратности превышения ПДК».

Далее устанавливается обобщенный оценочный балл S_{ij} по каждому ингредиенту. Он рассчитывается как произведение частных оценочных баллов по повторяемости случаев загрязненности и средней кратности превышения ПДК:

$$S_{ij} = S_{aij} * S_{\beta ij},$$

где S_{aij} - частный оценочный балл по повторяемости случаев загрязненности i -м ингредиентом в j -м створе за рассматриваемый период времени;

$S_{\beta ij}$ - частный оценочный балл по кратности превышения ПДК i -го ингредиента в j -м створе за рассматриваемый период времени.

Обобщенный оценочный балл дает возможность учесть одновременно значения наблюдаемых концентраций и частоту обнаружения случаев превышения ПДК по каждому ингредиенту. Чем больше его значение, тем более высокая степень загрязненности воды.

Затем определяется комбинаторный индекс загрязненности воды (КИЗВ) и удельный комбинаторный индекс загрязненности воды (УКИЗВ) (таблица 2.16):

$$S_j = \sum_{i=1}^{N_j} S_{ij},$$

где S_j - комбинаторный индекс загрязненности воды в j -м створе;

N_j - число учитываемых в оценке ингредиентов;

$$S'_j = \frac{S_j}{N_j},$$

где S'_j - удельный комбинаторный индекс загрязненности воды в j -м створе.

Для анализа состояния загрязненности используется перечень и число критических показателей загрязненности (КПЗ) воды F .

Классификация качества воды по степени загрязненности осуществляется с учетом следующих данных: КИЗВ, числа КПЗ воды, коэффициента запаса, количества учтенных в оценке ингредиентов и показателей загрязненности.

Коэффициент запаса k рассчитывается по формуле:

$$k = 1 - 0,1F,$$

где F - число критических показателей загрязненности воды.

Коэффициент запаса k вводится дополнительно к КИЗВ для ужесточения оценки в случае обнаружения концентраций, близких или достигающих уровней высокого или

экстремально высокого загрязнения. Его значение уменьшается с увеличением числа КПЗ: от единицы при отсутствии КПЗ до 0,9 при 1 КПЗ и т.д. Коэффициент запаса рассчитывается при $F \leq 5$.

Таблица 2.16

Классификация качества воды водотоков по значению удельного комбинаторного индекса загрязненности воды

| Класс и разряд | Характеристика состояния загрязненности воды | Удельный комбинаторный индекс загрязненности воды | | | | | |
|---|--|---|--|------------------|------------------|------------------|------------------|
| | | без учета числа КПЗ | в зависимости от числа учитываемых КПЗ | | | | |
| | | | 1 ($k = 0,9$) | 2 ($k = 0,8$) | 3 ($k = 0,7$) | 4 ($k = 0,6$) | 5 ($k = 0,5$) |
| 1-й | Условно чистая | 1 | 0,9 | 0,8 | 0,7 | 0,6 | 0,5 |
| 2-й | Слабо загрязненная | (1; 2] | (0,9; 1,8] | (0,8; 1,6] | (0,7; 1,4] | (0,6; 1,2] | (0,5; 1,0] |
| 3-й разряд «а» разряд «б» | Загрязненная | (2; 4] | (1,8; 3,6] | (1,6; 3,2] | (1,4; 2,8] | (1,2; 2,4] | (1,0; 2,0] |
| | загрязненная | (2; 3] | (1,8; 2,7] | (1,6; 2,4] | (1,4; 2,1] | (1,2; 1,8] | (1,0; 1,5] |
| | очень загрязненная | (3; 4] | (2,7; 3,6] | (2,4; 3,2] | (2,1; 2,8] | (1,8; 2,4] | (1,5; 2,0] |
| 4-й разряд «а» разряд «б» разряд «в» разряд «г» | Грязная | (4; 11] | (3,6; 9,9] | (3,2; 8,8] | (2,8; 7,7] | (2,4; 6,6] | (2,0; 5,5] |
| | грязная | (4; 6] | (3,6; 5,4] | (3,2; 4,8] | (2,8; 4,2] | (2,4; 3,6] | (2,0; 3,0] |
| | грязная | (6; 8] | (5,4; 7,2] | (4,8; 6,4] | (4,2; 5,6] | (3,6; 4,8] | (3,0; 4,0] |
| | очень грязная | (8; 10] | (7,2; 9,0] | (6,4; 8,0] | (5,6; 7,0] | (4,8; 6,0] | (4,0; 5,0] |
| | очень грязная | (10; 11] | (9,0; 9,9] | (8,0; 8,8] | (7,0; 7,7] | (6,0; 6,6] | (5,0; 5,5] |
| 5-й | Экстремально грязная | (11; ∞) | (9,9; ∞) | (8,8; ∞) | (7,7; ∞) | (6,6; ∞) | (5,5; ∞) |

Число учитываемых ингредиентов или показателей загрязненности воды вводится в градации классов с целью достижения независимости установления класса качества воды от этой величины.

Расчеты исследуемых параметров за 1991 и 1999 гг. представлены в таблице 2.17.

Превышение ПДК в воде р. Обь в ее среднем течении в 1991 г. наблюдалось по 3 компонентам химического состава воды из 12 определяемых, а в 1999 по 1 из 10 определяемых.

Расчет параметров загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении за 1991 г. показал, что по показателю повторяемости случаев загрязненности по кадмию и ртути наблюдается неустойчивая характеристика загрязненности вод, а по железу общему – устойчивая.

По значениям средней кратности превышения ПДК определили частный оценочный балл по кратности превышения $S_{\beta ij}$. Для кадмия и ртути средняя кратность превышения составляет тысячные доли, что не входит в диапазон определения кратности превышения и поэтому в дальнейшем эти компоненты не учитываются. Для железа общего средняя кратность превышения равна 1,02 и соответственно частный оценочный балл по кратности превышения $S_{\beta ij} = 1,02$, что по данному показателю характеризует уровень загрязненности вод как низкий.

По значению УКИЗВ (0,5) и числу КПЗ (1), согласно таблице 2 [75] исследуемые воды относятся к I классу качества и являются условно чистыми.

Как и в предыдущий период воды на исследуемом участке в 1999 г. характеризуются превышением норм по ПДК только по одному компоненту – железо общее. Расчет частного оценочного балла по повторяемости составил 1,64, что говорит об устойчивом характере загрязненности вод. Средняя кратность превышения равна 1,64, т.е. по данному показателю уровень загрязненности вод низкий.

По значению УКИЗВ (0,7) и числу КПЗ (1), согласно таблице 2.16 [75] класс качества вод соответствует I, а воды являются условно чистыми.

Таблица 2.17

Данные по расчету комбинаторного индекса загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении

| Показатель, мг/л | ПДК, мг/л | n_i | n_i' | $a_i = \frac{n_i'}{n_i} \cdot 100\%$ | S_α | $\sum \beta_i = \sum_{i=1}^{n_i'} \frac{C_i}{\text{ПДК}_i}$ | $\bar{\beta}_i$ | $S_{\beta_{ij}}$ | S_{ij} | КИЗВ | УКИЗВ | КПЗ | Коэф. запаса к |
|---------------------|--------------|-------|--------|--------------------------------------|------------|---|-----------------|------------------|----------|------|-------|-----|----------------------|
| 1991 г. | | | | | | | | | | | | | |
| Cd | 0,001 | 16 | 2 | 12,5 | 3 | 1,3 | 0,0007 | —* | — | 4,1 | 0,5 | 1 | 0,9 |
| Hg | 0,0005 | 16 | 2 | 12,5 | 3 | 3,1 | 0,0008 | —* | — | | | | |
| Fe общ | 0,3 | 16 | 13 | 81,2 | 4 | 44 | 1,02 | 1,02 | 4,08 | | | | |
| 1999 г. | | | | | | | | | | | | | |
| Fe общ | 0,3 | 20 | 20 | 100 | 4 | 109 | 1,64 | 1,64 | 6,56 | 6,56 | 0,7 | 1 | 0,9 |

Примечание: -* - значение меньше нижней границы диапазона.

Таким образом, по степени загрязненности воды р. Обь в ее среднем течении по величине среднего значения коэффициента комплексности загрязненности вод (по данным 1991 г. наблюдений) относятся ко II категории. В число показателей, характеризующих загрязненность вод относятся кадмий, ртуть и железо общее. По данным исследований химического состава вод за 1999 и 2016 гг. воды относятся к I категории. Загрязнение в этот период характеризуется единичным показателем – железом общим.

Вместе с тем расчет параметров загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении показал, что по показателю повторяемости случаев загрязненности вод в 1991 г. по кадмию и ртути наблюдается неустойчивая характеристика загрязненности вод, а по железу общему – устойчивая. Устойчивый характер загрязненности вод по железу общему отмечен и в 1999 г.

По значению индекса УКИЗВ и числу КПЗ класс качества воды в 1991 и 1999 гг. соответствует I, а воды относятся к категории условно чистых.

В целом с учетом всех указанных коэффициентов уровень загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении за исследуемый период времени характеризуется как низкий.

Из всех исследуемых компонентов состава вод за 1991, 1999 и 2016 гг. наибольшую долю в общую степень загрязненности вод вносит соединение железа общего, т.к. его превышение по ПДК наблюдается практически на всем протяжении исследуемого участка реки.

Глава 3 «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Данная выпускная квалификационная работа посвящена исследованию химического состава поверхностных вод, а именно – анализ пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении.

В основу работы положены данные ежегодных гидрохимических наблюдений в среднем течении р. Обь (химический состав исследуемых вод, включающий основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод).

Химический состав природных вод получается из многих различных источников растворенных веществ, включая газы и аэрозоли из атмосферы, выветривание и эрозию горных пород, взаимодействие воды с почвой, атмосферные осадки, а также деятельность человека, которая может сильно изменить состав воды за счет прямого или косвенного воздействия. Поэтому, регулярное наблюдение за состоянием вод р. Обь и изменением их химического состава для своевременного предотвращения негативного воздействия на водные ресурсы и сохранения их качества является актуальным.

Полученная в ходе исследования информация о состоянии химического состава вод р. Обь за многолетний период позволит продемонстрировать фоновый состав вод исследуемой территории и возможные его изменения, в результате многообразных видов хозяйственной деятельности в пределах данной территории и разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы и изменению их природного качества.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

3.1 Предпроектный анализ

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Данный раздел посвящен анализу работы двух лабораторий, проводящих комплексный химический анализ проб воды. Результатом выполнения раздела будет вывод о наиболее выгодной, в плане ценовой политики и качества, лаборатории.

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование (таблица 3.1).

Карта сегментирования рынка услуг научно-исследовательских лабораторий

| | Услуга | | | |
|---------------|--------------------------|--|---|---|
| | Макрокомпонентный состав | Микрокомпонентный состав (стандартными методами) | Масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой | Автоматизированные процессы определения компонентов |
| Лаборатория А | | | | |
| Лаборатория Б | | | | |
| | Лаборатория А | | Лаборатория Б | |

3.1.2 Анализ конкурентных решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научно-исследовательских лабораторий.

Проведем данный анализ с помощью оценочной карты (таблица 3.2). Для этого рассмотрим две организации (научно-исследовательские лаборатории), среди которых:

Б_ф – лаборатория А, представляющая комплексный химический анализ проб воды с автоматизацией процессов определения компонентов;

Б_{к1} – лаборатория Б, представляющая неполный комплексный химический анализ проб воды, без автоматизации процессов определения компонентов, а также без масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой.

Таблица 3.2

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентоспособность | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | К _ф | К _{к1} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| Технические критерии оценки ресурсоэффективности | | | | | |
| 1. Помехоустойчивость | 0,2 | 4 | 3 | 0,8 | 0,6 |
| 2. Энергоэкономичность | 0,15 | 2 | 4 | 0,3 | 0,6 |
| 3. Надежность | 0,1 | 5 | 2 | 0,5 | 0,2 |
| 4. Уровень шума | 0,09 | 3 | 1 | 0,27 | 0,09 |
| 5. Безопасность | 0,1 | 5 | 5 | 0,5 | 0,5 |
| 6. Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,05 | 4 | 2 | 0,2 | 0,15 |
| 7. Возможность подключения в сеть ЭВМ | 0,07 | 5 | 2 | 0,35 | 0,14 |

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | | Конкурентоспособность | |
|--|--------------|----------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | | Б _ф | Б _{к1} | К _ф | К _{к1} |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 |
| Экономические критерии оценки эффективности | | | | | |
| 1. Конкурентоспособность лаборатории | 0,02 | 5 | 3 | 0,1 | 0,06 |
| 2. Уровень проникновения на рынок | 0,09 | 2 | 3 | 0,27 | 0,18 |
| 3. Цена | 0,01 | 2 | 4 | 0,02 | 0,04 |
| 4. Финансирование научной разработки | 0,08 | 2 | 1 | 0,08 | 0,08 |
| 5. Наличие сертификации | 0,04 | 5 | 5 | 0,2 | 0,2 |
| Итого | 1 | 44 | 35 | 3,59 | 2,84 |

В результате составления оценочной карты сравнения конкурентных технических решений можно сделать вывод, что лаборатория А наиболее конкурентно-способна, по сравнению с лабораторией Б. Данный вывод получается в следствии того, что у лаборатории Б отсутствует автоматизация процессов определения компонентов, а также нет масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой, в результате чего у них увеличивается время выполнения работы.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды разрабатываемого проекта. Матрица составляется на основе анализа рынка и конкурентных технических решений, и показывает сильные и слабые стороны проекта, возможности и угрозы для разработки.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде (таблица 3.3).

Таблица 3.3

SWOT-анализ

| | Сильные стороны | Слабые стороны |
|--|---|---|
| | С1. Автоматизация процесса определения химических компонентов. С2. Наличие масс-спектрометрии с индуктивной связанной плазмой. С3. Экономичность и надежность выполненных анализов. С4. Более низкая стоимость работ по сравнению с другими лабораториями. | СЛ1. Низкий уровень проникновения на рынок. СЛ2. Недостаточное финансирование лаборатории. СЛ3. Низкая энергоэкономичность. СЛ4. Временами происходящие сбои в оборудовании. |

| | | |
|--|---|---|
| | C5. Наличие высококвалифицированных специалистов. C6. Наличие аккредитации. | |
| Возможности | B1C5. Расширение методов работы лаборатории может быть достигнуто за счет высокой квалификации специалистов. B2B3B4C1C2C3C4. Автоматизация процесса работы, наличие сложного оборудования, качество работы и их низкая стоимость позволят увеличить конкурентоспособность. | B1B2B3B4CЛ2. Увеличение конкурентоспособности и расширение возможности лаборатории приведут к дополнительным затратам. |
| B1. Расширить методы работы лаборатории. B2. Увеличить конкурентоспособность. B3. Выйти на широкий рынок. B4. Появление рекламной компании. B5. Увеличение стоимости до уровня незначительно, но ниже, чем у конкурентов. B6. Увеличение энергоэкономичности. | | |
| Угрозы | У1У2У3C1. Своевременное финансирование лаборатории позволит повысить качество работы и конкурентоспособность. У5C5. Наличие высококвалифицированных специалистов, которые своевременно повышают квалификацию, способствует к адаптации к нововведениям условий аккредитации. | У1СЛ1. Несвоевременное финансирование способствует уменьшению конкурентоспособности на рынке. У2У3СЛ2СЛ2. Спрос будет уменьшаться из-за слабой рекламы на широком рынке и, соответственно, из-за высокой конкуренции. У5СЛ2. Из-за недостаточного финансирования лаборатории могут возникнуть проблемы с аккредитацией. |
| У1. Несвоевременное финансирование. У2. Уменьшение спроса на услуги. У3. Высокая конкуренция. У4. Медленное выполнение анализов. У5. Введения дополнительных государственных требований к аккредитации лаборатории. | | |

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений (таблица 3.4).

Таблица 3.4

Интерактивная матрица проекта

| Сильные стороны проекта | | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 |
| Возможности проекта | B1 | - | - | - | - | + | 0 |
| | B2 | + | + | + | + | - | 0 |
| | B3 | - | - | + | + | + | + |
| | B4 | + | + | + | + | + | + |
| | B5 | + | + | 0 | + | + | 0 |
| | B6 | + | - | 0 | + | - | - |

Продолжение таблицы 3.4

| Возможности проекта | Слабые стороны проекта | | | | |
|---------------------|------------------------|-----|-----|-----|-----|
| | | СЛ1 | СЛ2 | СЛ3 | СЛ4 |
| | В1 | + | + | - | - |
| | В2 | + | + | - | 0 |
| | В3 | + | + | - | - |
| | В4 | - | + | - | - |
| | В5 | - | + | - | - |
| В6 | - | + | + | - | |

Продолжение таблицы 3.4

| Сильные стороны проекта | | | | | | | |
|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы проекта | | С1 | С2 | С3 | С4 | С5 | С6 |
| | У1 | - | - | - | - | 0 | - |
| | У2 | - | - | - | - | - | - |
| | У3 | + | + | + | + | + | + |
| | У4 | - | - | - | 0 | - | - |
| | У5 | - | - | 0 | - | + | + |

Продолжение таблицы 3.4

| Слабые стороны проекта | | | | | |
|------------------------|----|-----|-----|-----|-----|
| Угрозы проекта | | СЛ1 | СЛ2 | СЛ3 | СЛ4 |
| | У1 | + | + | + | - |
| | У2 | + | + | - | - |
| | У3 | + | + | + | - |
| | У4 | - | - | - | + |
| | У5 | - | + | 0 | - |

3.2 Инициация проекта

В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

3.2.1 Цели и результаты проекта

Перед определением целей необходимо перечислить заинтересованные стороны проекта (таблица 3.5).

Таблица 3.5

Заинтересованные стороны проекта

| Заинтересованные стороны проекта | Ожидание заинтересованных сторон |
|---|--|
| Пользователь (университет, государственные предприятия) | Получение достоверных данных в результате выполнения химического анализа проб воды о состоянии водного объекта |
| Разработчик | Получение прибыли за свои услуги |
| Научный руководитель, студент | Выполненная выпускная квалификационная работа |

Цели и результат работы

| | |
|--------------------------------------|---|
| Цели работы: | <ul style="list-style-type: none"> • Изучение пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении; • Составление базы данных химического состава поверхностных вод исследуемой территории за период времени с 1956 по 2016 гг. |
| Ожидаемые результаты проекта: | <ul style="list-style-type: none"> • Выявление особенностей пространственно-временного изменения химического состава исследуемых вод; • Создание прогнозирующих моделей для уменьшения антропогенного воздействия и поддержания благоприятной экологической обстановки на реке (основываясь на полученных результатах данных о химическом составе вод); • Организация регулярного наблюдения за состоянием вод и изменением их химического состава (мониторинг). |
| Критерии приемки результата проекта: | Соответствие результатов целям проекта |
| Требования к результату проекта: | <ul style="list-style-type: none"> • Соблюдение нормативной документации при отборе проб, проведении анализа, мониторинге. • Увеличение общей информационной базы данных химического состава поверхностных вод р. Обь; • Установление регулярного мониторинга. |

3.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника, а также функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте (таблица 3.7).

Таблица 3.7

Рабочая группа проекта

| № п/п | ФИО, основное место работы, должность | Роль в проекте | Функции | Трудозатраты, дн. |
|--------|--|----------------------|-------------------------------------|-------------------|
| 1 | Хващевская А.А., НИ ТПУ, доцент | Научный руководитель | Координация и проверка ВКР | 40 |
| 2 | Васина Е.В., НИ ТПУ, магистрант | Магистрант | Написание ВКР | 60 |
| 3 | Лаборант в ПНИЛ гидрогеохимии ИШПР ТПУ | Лаборант | Выполнение химического анализа проб | 140 |
| ИТОГО: | | | | 240 |

3.2.3 Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 3.8).

Таблица 3.8

Ограничения проекта

| Фактор | Ограничения |
|--|-------------------------|
| Бюджет проекта | 150 000 рублей |
| Источник финансирования | НИ ТПУ |
| Сроки проекта | 15.09.2017 – 31.05.2019 |
| Фактическая дата утверждения плана управления проектом | 12.01.2018 |
| Плановая дата завершения проекта | 31.05.2019 |

3.3 Планирование управления научно-техническим проектом

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

3.3.1 Иерархическая структура работ проекта

Иерархическая структура работ (ИСР) – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1. Иерархическая структура по ВКР

3.3.2 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График строится с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица 3.9

Календарный план-график проведения НИ ВКР

| Код работы | Вид работ | Исполнители | Т _к , дн. | Продолжительность выполнения работ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------|---|-------------|----------------------|------------------------------------|---|---|-------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|---|---|------|--|--|
| | | | | Янв. | | | Февр. | | | Март | | | Апр. | | | Май. | | | Июнь | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | | |
| 1 | Выбор направления исследования | НР | 5 | ■ | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Описание требований | НР | 10 | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | Изучение требований | М | 10 | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | Составление технического задания | НР | 10 | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | Изучение литературы | М | 10 | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| 6 | Сбор базы данных химического состава вод | М | 20 | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | |
| 7 | Проведение лабораторных исследований | Л | 60 | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| 8 | Обработка полученных данных | М | 30 | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | |
| 9 | Предоставление результатов обработки данных | М | 15 | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | | |
| 10 | Разработка раздела менеджмента | М | 20 | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | | |
| 11 | Разработка раздела соц. ответственности | М | 10 | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | | |
| 12 | Разработка раздела на ин.яз. | М | 10 | | | | | | | | | | | ■ | | | | | | | |
| 13 | Составление отчета (дипломной работы) | М | 15 | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| 14 | Проверка работы | НР | 15 | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | |

Магистрант (М) - ■ Научный руководитель (НР) - ■ Лаборант (Л) - ■

3.3.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты являются основной частью стоимости разработки проекта. Трудоемкость выполнения проекта оценивается в человеко-днях и носит вероятностный характер. Среднее (ожидаемое) значение трудоемкости:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5}$$

где, $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел-дн;

t_{mini} - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел-дн;

t_{maxi} - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы.

После определения ожидаемой трудоемкости работ необходимо рассчитать продолжительность каждой из работ в рабочих днях T_p :

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Длительность каждого этапа работ из всех рабочих дней могут быть переведены в календарные дни с помощью следующей формулы:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{кал},$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}},$$

где $T_{кал}$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых}$ – количество выходных дней в году;

$T_{пр}$ – количество праздничных дней в году.

Полученные результаты расчетов представлены в таблице 3.10.

Таблица 3.10

Временные показатели выполнения ВКР

| Название работы | Трудоемкость работ | | | | | | | | | Длительность работ в рабочих днях, T_{pi} | | | Длительность работ в календарных днях, T_{ki} | | |
|--------------------------------|---------------------|----------|------------|---------------------|----------|------------|---------------------|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|
| | t_{min} , чел-дни | | | t_{max} , чел-дни | | | $t_{ожі}$, чел-дни | | | | | | | | |
| | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант |
| Выбор направления исследования | 2 | | | 6 | | | 4 | | | 4 | | | 5 | | |
| Описание требований | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 | | |

| Название работы | Трудоемкость работ | | | | | | | | | Длительность работ в рабочих днях, T_{pi} | | | Длительность работ в календарных днях, T_{ki} | | |
|---|---------------------|----------|------------|---------------------|----------|------------|--------------------|----------|------------|---|----------|------------|---|----------|------------|
| | t_{min} , чел-дни | | | t_{max} , чел-дни | | | $t_{ож}$, чел-дни | | | | | | | | |
| | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Руководитель | Лаборант | Магистрант |
| Изучение требований | | | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 |
| Составление технического задания | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 | | |
| Изучение литературы | | | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 |
| Сбор базы данных химического состава вод | | | 8 | | | 22 | | | 14 | | | 14 | | | 20 |
| Проведение лабораторных исследований | | 20 | | | 72 | | | 41 | | | 41 | | | 60 | |
| Обработка полученных данных | | | 10 | | | 36 | | | 20 | | | 20 | | | 30 |
| Предоставление результатов обработки данных | | | 6 | | | 16 | | | 10 | | | 10 | | | 15 |
| Разработка раздела менеджмента | | | 8 | | | 22 | | | 14 | | | 14 | | | 20 |
| Разработка раздела соц. ответственности | | | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 |
| Разработка раздела на ин.яз. | | | 4 | | | 11 | | | 7 | | | 7 | | | 10 |
| Составление отчета (дипломной работы) | | | 6 | | | 16 | | | 10 | | | 10 | | | 15 |
| Проверка работы | 6 | | | 16 | | | 10 | | | 10 | | | 15 | | |
| Итого | | | | | | | 27 | 41 | 95 | 27 | 41 | 95 | 40 | 60 | 140 |

Значение реальной продолжительности работ может быть, как меньше (при благоприятных обстоятельствах) посчитанного значения, так и больше (при неблагоприятных обстоятельствах), так как трудоемкость носит вероятностный характер.

3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

3.4.1 Сырье, материалы, комплектующие изделия

В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Таблица 3.11

Сырье, материалы, комплектующие изделия

| Наименование | Единица измерения | Количество | Сметная стоимость | |
|--|-------------------|------------|-------------------|------------|
| | | | Цена за ед., руб | Всего, руб |
| Посуда | | | | |
| Пробирки центрифужные конические с завинчивающейся крышкой одноразовые стерильные, 50 мл | шт | 284 | 10 | 2840 |
| Стакан лабораторный | шт | 10 | 40 | 400 |
| Колба коническая | шт | 30 | 55 | 1650 |
| Бутылка пластиковая, 1,5 л | шт | 284 | 10 | 2840 |
| Материалы для маркировки проб | | | | |
| Скотч | шт | 5 | 45 | 225 |
| Ножницы | шт | 1 | 120 | 120 |
| Всего за материалы | | | | 8075 |
| Транспортно-заготовительные расходы (3-5%) | | | | 323 |
| Итого по статье С _м | | | | 8398 |

3.4.2 Специальное оборудование для научных работ

В данный раздел включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры и т.д.), необходимого для проведения работ по данной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Приборы и аппаратура для химического анализа согласно, относятся к третьей амортизационной группе со сроком полезного использования от 3-х до 5 лет.

Норма амортизации вычисляется линейным методом по формуле:

$$1/n \times 100\%;$$

где n – срок службы оборудования.

Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

| № п/п | Наименование оборудования | Цена за единицу, руб | Цена за единицу с НДС (20 %), руб. | Срок службы | Норма амортизации | Амортизационные отчисления, руб |
|-------|---|----------------------|------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------------|
| 1 | Анализатор жидкости «Флюорат-02» модель «Флюорат-02-2М» Россия ООО «Люмэкс» | 306950,0 | 368340,0 | 5 | 0,2 | 73668,0 |
| 2 | Масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой, «NexION 300D», США, PerkinElmer | 12076158,8 | 14491390,6 | 5 | 0,2 | 2898278,1 |
| 3 | Спектрофотометр UNICO, UNICO 2100, США, United Products-Instruments и иономер лабораторный И-160.1МП Россия РУП «Гомельский завод измерительных приборов» | 104323,0 | 125187,6 | 5 | 0,2 | 25037,5 |
| Итого | | | | | | 2 996 983,6 |

3.4.3 Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата руководителя, лаборанта и магистранта, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп},$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (доцент, д.г.-м.н) от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_{раб},$$

где $T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб.дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} \times M}{F_{д}}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб. (в качестве месячного оклада магистра выступает стипендия, которая составляет 1906 руб.);

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 45 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6 - дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала (в рабочих днях).

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \times (k_{пр} + k_d) \times k_p,$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, определяемый Положением об оплате труда;

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда предполагает оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями. Базовый оклад Z_b определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием ТПУ.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 3.13.

Таблица 3.13

Баланс рабочего времени

| Показатели рабочего времени | Научный руководитель | Лаборант | Магистр |
|---|----------------------|----------|---------|
| Календарное число дней | 365 | 365 | 365 |
| Количество нерабочих дней | 118 | 118 | 118 |
| Действительный годовой фонд рабочего времени, F_d | 247 | 247 | 247 |

Таблица 3.14

Результаты расчета основной заработной платы

| Исполнители | Z_b , руб. | $k_{пр}$ | k_d | k_p | Z_m , Руб | $Z_{дн}$, руб. | T_p , раб. дн. | $Z_{осн}$, руб. |
|--------------|--------------|----------|-------|-------|-------------|-----------------|------------------|------------------|
| Руководитель | 3100 | 0,30 | 0,20 | 1,30 | 1709,5 | 72,0 | 27 | 1957,8 |
| Лаборант | 11 200 | | | | 7332 | 308,7 | 41 | 12595,6 |
| Магистр | 1906 | | | | 1238,9 | 52,2 | 95 | 4945,2 |
| Итого | | | | | | | | 19498,6 |

3.4.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \times Z_{\text{осн}}$$

где $Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплаты ($k_{\text{доп}} = 0,1$);

$Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

Таблица 3.15

Заработная плата исполнителей ВКР, руб

| Заработная плата | Руководитель | Лаборант | Магистрант |
|---------------------------------|--------------|----------|------------|
| Основная зарплата | 1957,8 | 12595,6 | 4945,2 |
| Дополнительная зарплата | 234,9 | 1511,5 | 593,4 |
| Зарплата исполнителя | 2192,8 | 14107,1 | 5538,6 |
| Итого по статье $C_{\text{зп}}$ | 21838,4 | | |

3.4.5 Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). По данным на 2019 года отчисления составляют 30%.

Таблица 3.16

Отчисления на социальные нужды

| | Руководитель | Лаборант | Магистрант | Итого |
|-----------------------|--------------|----------|------------|--------|
| Социальные отчисления | 657,8 | 4232,1 | 1661,6 | 6551,5 |

3.4.6 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями

В данном разделе рассчитывается стоимость контрагентных работ, т.е. работ, выполненных сторонними организациями и предприятиями по заказу данной научно-технической организации.

Контрагентские расходы

| Определяемые компоненты | Ед. измерения | Кол-во | Стоимость анализа, руб | Общие затраты | НДС (20%) | Цена с учётом НДС, руб |
|--|---------------|--------|------------------------|---------------|-----------|------------------------|
| рН | проба | 21 | 101 | 2121 | 424,2 | 2545,2 |
| Углекислота свободная | проба | 21 | 45 | 945 | 189 | 1134 |
| Нитрит-ион | проба | 21 | 171 | 3591 | 718,2 | 4309,2 |
| Нитрат-ион | проба | 6 | 250 | 1500 | 300 | 1800 |
| Аммоний-ион | проба | 21 | 336 | 7056 | 1411,2 | 8467,2 |
| Фосфат-ион | проба | 5 | 157 | 785 | 157 | 942 |
| Гидрокарбонат-ион | проба | 21 | 154 | 3234 | 646,8 | 3880,8 |
| Сульфат-ион | проба | 21 | 231 | 4851 | 970,2 | 5821,2 |
| Хлорид-ион | проба | 21 | 230 | 4830 | 966 | 5796 |
| Кальций | проба | 21 | 182 | 3822 | 764,4 | 4586,4 |
| Магний | проба | 21 | 112 | 2352 | 470,4 | 2822,4 |
| Натрий | проба | 21 | 252 | 5292 | 1058,4 | 6350,4 |
| Калий | проба | 21 | 252 | 5292 | 1058,4 | 6350,4 |
| Комплекс из 60 элементов (от лития до тория) | проба | 21 | 2000 | 42000 | 8400 | 50400 |
| Расчет и оформление анализа | проба | 21 | 275 | 5775 | 1155 | 6930 |
| Итого | | | | 93446 | 18689 | 112135 |

Примечания:

- 1 – Атомно-абсорбционная спектрометрия с пламенной атомизацией;
- 2 – Пламенная атомно-эмиссионная спектрометрия.

3.4.7 Накладные расходы

Накладные расходы составляют 15% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = K_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}})$$

Таблица 3.18

Накладные расходы

| Коэффициент накладных расходов $k_{\text{накл}}$, % | Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$, руб | Дополнительная заработная плата $Z_{\text{доп}}$, руб | Итого $C_{\text{накл}}$, руб |
|--|--|--|-------------------------------|
| 15 | 19498,6 | 2339,8 | 3275,8 |

3.4.8 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора

с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-исследовательского проекта.

Таблица 3.19

Бюджет затрат НТИ

| № п/п | Сырье, материалы, покупные изделия | Специальное оборудование для научных работ | Основная з/п | Дополнительная з/п | Отчисления на социальные нужды | Накладные расходы | Итого плановая себестоимость |
|-------|------------------------------------|--|--------------|--------------------|--------------------------------|-------------------|------------------------------|
| 1 | 8 075 | 2 996 983,6 | 19 498,6 | 2 339,8 | 6 551,5 | 3 275,8 | 3 036 724,3 |
| 2 | 10 500 | 2 100 000 | 25 000 | 4 000 | 12 200 | 4 300 | 2 156 000 |

Примечание: 1 – лаборатория А, 2 – лаборатория Б.

Плановая себестоимость работы в лаборатории А получилась выше, чем в лаборатории Б. Однако, такая стоимость обусловлена отсутствием в лаборатории Б масс-спектрометра, что в свою очередь значительно увеличивает время выполнения химических анализов, а также появляется человеческий фактор.

3.5 Оценка сравнительной эффективности исследования

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом: $I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$,

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 3.20

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

| Критерии | Весовой коэффициент | Бальная оценка разработки | | Показатель ресурсоэффективности | |
|------------------------|---------------------|---------------------------|---------------|---------------------------------|---------------|
| | | Лаборатория А | Лаборатория Б | Лаборатория А | Лаборатория Б |
| Надёжность | 0,13 | 5 | 4 | 0,65 | 0,52 |
| Достоверность | 0,21 | 5 | 4 | 1,05 | 0,84 |
| Энергоэкономичность | 0,05 | 4 | 5 | 0,2 | 0,25 |
| Помехоустойчивость | 0,18 | 3 | 4 | 0,54 | 0,72 |
| Цена | 0,28 | 5 | 3 | 1,4 | 0,84 |
| Время выполнения работ | 0,15 | 5 | 3 | 0,75 | 0,45 |
| ИТОГО | 1,00 | 27 | 23,0 | 4,59 | 3,62 |

Показатель ресурсоэффективности лаборатории А равен $I_p = 4,59$, лаборатории Б – 3,62, что говорит о более эффективной реализации работ лабораторией А.

3.5.1 Ресурсосбережение

Впервые для вод р. Обь в ее среднем течении обобщен и проанализирован фактический материал о распространенности в водах широкого спектра химических компонентов ее состава за большой временной период. Выявлены закономерности поведения основных макрокомпонентов, биогенных веществ и др. Показаны особенности пространственно-временного изменения химического состава вод и их качества в условиях активного использования водных ресурсов в различных целях водопользования.

Полученная информация о химическом составе поверхностных вод среднего течения р. Обь за многолетний период позволяет продемонстрировать фоновый химический состав вод и возможные его изменения, в результате многообразных видов хозяйственной деятельности в пределах исследуемой территории. Эти данные позволят разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы и изменению их природного качества как в общем, так и локально (конкретное предприятие/отрасль). Примером таких мероприятий могут быть: разработка новых систем очисток; замена старого оборудования на новое, более современное; замена отдельных устаревших деталей; ужесточение требований к сбросам от предприятий и т.д.

3.5.2 Социальная эффективность

Данные по химическому составу поверхностных вод среднего течения р. Обь позволяют оценить возможное изменение состояния водной среды исследуемой территории и при необходимости предотвратить негативное воздействие на нее, прилегающую территорию, а также на человека. Для этого эффективность природоохранных мероприятий оценивают с помощью экологических, социальных и экономических показателей.

Экологический показатель заключается в снижении отрицательного воздействия на окружающую среду и улучшению ее состояния. А именно: сокращение объемов поступающих в среду загрязнений и уменьшение уровня ее загрязнения (повышенные концентрации вредных веществ в водоемах, атмосфере, и т.п.), а также увеличение количества и качества пригодных к использованию человеком водных ресурсов.

Результатом социальной эффективности являются улучшение физического здоровья населения, сокращения заболеваемости, улучшении условий отдыха; сохранение эстетической ценности природных ландшафтов, памятников природы и

других территорий; создании благоприятных условий для роста творческого потенциала личности, развития культуры и нравственного совершенствования человека.

Экономический результат выражается в денежной форме и заключается в снижении или предотвращении потерь природных ресурсов, общественного труда, в производственной и непроизводственных сферах и в сфере личного потребления.

Таблица 3.21

Критерии социальной эффективности

| ДО | ПОСЛЕ |
|---|--|
| Отсутствие общей базы данных по химическому составу поверхностных вод р. Обь за большой интервал времени. | Составлена база данных по химическому составу поверхностных вод р. Обь в ее среднем течении с 1959 по 2016 гг., которая позволяет проследить изменения химического состава как во времени, так и в пространстве. |
| Увеличение объемов и количества производственной деятельности различных направлений (сельское хозяйство, нефте- и газопромисел и т.д.) на исследуемой территории. | На базе полученных данных проверены и выявлены все возможные источники негативного воздействия данной территории, за которыми в дальнейшем установлен особый контроль. |
| Увеличение количества рекреационных комплексов, располагающихся непосредственно на берегах р. Обь, в последствии загрязняющие территорию бытовым мусором. | Ужесточение норм и правил при строительстве и эксплуатации баз отдыха. |

Вывод

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были рассмотрены две лаборатории - лаборатория А (представляющая комплексный химический анализ проб воды с автоматизацией процессов определения компонентов, а также использующая масс-спектрометрию с индуктивно связанной плазмой) и лаборатория Б (представляющая неполный комплексный химический анализ проб воды, без автоматизации процессов определения компонентов, а также без масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой).

В результате было определено, что лаборатория А наиболее конкурентно-способна. Плановая себестоимость работ лаборатории А составила 3 036 724,3 руб., лаборатории Б - 2 156 000 руб. Такое различие стоимости обусловлено отсутствием в лаборатории Б масс-спектрометра с индуктивно-связанной плазмой, что в свою очередь значительно увеличивает время выполнения химических анализов, а также снижается их качество, так как появляется возможность действия человеческого фактора.

Общее время трудозатрат всех участников работы в календарных днях составило 240 дней. Показатель ресурсоэффективности лаборатории А равен $I_p = 4,59$, что говорит об эффективной реализации работ данной лабораторией.

Глава 4 Социальная ответственность

Данная выпускная квалификационная работа посвящена исследованию химического состава поверхностных вод, а именно – анализ пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении.

В основу работы положены данные ежегодных гидрохимических наблюдений в среднем течении р. Обь (химический состав исследуемых вод, включающий основные катионы и анионы, биогенные вещества, микроэлементы и обобщенные параметры состава вод).

Химический состав природных вод получается из многих различных источников растворенных веществ, включая газы и аэрозоли из атмосферы, выветривание и эрозию горных пород, взаимодействие воды с почвой, атмосферные осадки, а также деятельность человека, которая может сильно изменить состав воды за счет прямого или косвенного воздействия. Поэтому, регулярное наблюдение за состоянием вод р. Обь и изменением их химического состава для своевременного предотвращения негативного воздействия на водные ресурсы и сохранения их качества является актуальным.

Полученная в ходе исследования информация о состоянии химического состава вод р. Обь за многолетний период позволит продемонстрировать фоновый состав вод исследуемой территории и возможные его изменения, в результате многообразных видов хозяйственной деятельности в пределах данной территории и разработать комплекс мероприятий по своевременному предотвращению негативного воздействия на водные ресурсы и изменению их природного качества.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является анализ рабочего места на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, оценка степени воздействия их на человека и природную среду, а также перечень методов минимизации этих воздействий и защиты от них.

4.1 Правовые вопросы обеспечения безопасности

Охрана труда и техника безопасности это – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия (статья № 1 Федерального закона «Об основах охраны труда в Российской Федерации», 17.07.1999 г. №181-ФЗ [81]), образующие механизм реализации конституционного права граждан на труд (ст. 37 Конституции РФ [58]) в условиях, отвечающих требованиям безопасности и гигиены.

Согласно 37 статье Конституции РФ [58], работник имеет право на труд, в тех условиях, которые отвечают специальным требованиям гигиены и безопасности, а также каждый имеет право на отдых.

«Федеральная служба по труду и занятости Министерства здравоохранения и социального развития Правительства РФ» осуществляет специализированные функции, по надзору и контролю в сфере труда.

Главные задачи трудового законодательства – создание необходимых правовых условий для достижения согласования интересов сторон трудовых отношений, интересов государства, а также правовое регулирование трудовых отношений и иных непосредственно связанных с ними отношений.

Обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда, согласно ст. 212 ТК РФ [80], возлагаются на работодателя. Последний, руководствуясь указанной статьей, обязан обеспечить безопасность работников при эксплуатации зданий, сооружений, оборудования, осуществлении технологических процессов, а также применяемых в производстве инструментов, сырья и материалов. Кроме того, работодатель обязан обеспечить, соответствующие требованиям охраны труда, условия труда на каждом рабочем месте; режим труда и отдыха работников в соответствии с трудовым законодательством, и иными нормативными правовыми актами, содержащими нормы трудового права. Работодатель должен извещать работников, об условиях охраны труда на рабочих местах, о возможном риске для здоровья, о средствах индивидуальной защиты и компенсациях.

В организации режим труда и отдыха носит следующий характер:

- Пятидневная рабочая неделя с двумя выходными днями;
- Продолжительность ежедневной работы 8 часов;
- Время начала и окончания работы с 8:00 до 17:00;
- Время перерывов в работе с 12:00 до 13:00.

Также, устанавливается отпуск в количестве 28 дней в течение года, и другие выходные (праздничные) дни, предусмотренные трудовым законодательством РФ.

В постановлении «О введении в действие санитарно-эпидемиологических правил и нормативов» часть 3 [80] представлены требования к помещениям для работы с персональными электронно-вычислительными машинами (далее ПЭВМ):

- Естественное и искусственное освещение должно соответствовать требованиям действующей нормативной документации. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток.

- Оконные проемы должны быть оборудованы регулируемыми устройствами типа: жалюзи, занавесей, внешних козырьков и др.

- Площадь на одно рабочее место должно составлять 4,5 м.
- Помещения должны быть оборудованы защитным заземлением (занулением) в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации.

Общие требования к организации рабочих мест пользователей ПЭВМ [80]:

- При размещении рабочих мест с ПЭВМ расстояние между рабочими столами с видеомониторами, должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м.
- Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.
- Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5-0,7.
- Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.
- Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

4.2 Производственная безопасность

Вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при выполнении данной выпускной квалификационной работы, согласно ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [46] представлены в таблице 4.1.

Все предусмотренные работы выполняются в соответствии с правилами, а также инструкциями, постановлениями и план-графиком мероприятий.

Таблица 4.1

Возможные опасные и вредные факторы

| Факторы | Этапы работ | Нормативные документы |
|--|------------------|---|
| | Обработка данных | |
| 1) Отклонение показателей микроклимата | + | СанПиН 2.2.4.548-96 [77] |
| 2) Превышение уровня шума | + | ГОСТ 12.1.003-2014 [47], ГОСТ 12.1.029-80 [51] |

| Факторы | Этапы работ | Нормативные документы |
|---|------------------|---|
| | Обработка данных | |
| 3) Недостаточная освещенность рабочей зоны | + | ГОСТ Р 55710-2013 [57] |
| 4) Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека | + | ГОСТ 12.1.019-2017 [50], ГОСТ 12.1.030-81 [52] |
| 5) Пожар | + | ГОСТ 12.1.004-91 [48] |

4.3 Анализ вредных и опасных производственных факторов, и мероприятия по их устранению

К основным возможным при выполнении данной работы вредным и опасным факторам относятся: отклонение показателей микроклимата, превышение уровня шума, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека и пожар.

4.3.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Микроклимат определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности воздуха, а также температуры окружающих его поверхностей. Особое влияние на микроклимат оказывают источники теплоты, находящиеся в рабочем помещении. Такими источниками могут служить ПЭВМ, освещение. Все эти параметры оказывают прямое влияние на здоровье и деятельность человека в течение всего рабочего дня. С целью максимально улучшить работоспособность персонала, работающего в камеральных условиях, установлены нормы производственного микроклимата. Оптимальные показатели распространяются на всю рабочую зону с учетом избытков теплоты, сложности выполняемой работы и сезона года, а допустимые, в свою очередь, устанавливаются отдельно для постоянных и непостоянных рабочих мест в тех случаях, когда по технологическим или экономическим причинам невозможно обеспечить оптимальные нормы. Параметры микроклимата, которые приведены в таблице 4.2, удовлетворяют требованиям, указанным в СанПиН 2.2.4.548-96 [77].

Таблица 4.2

Оптимальные нормы микроклимата в рабочей зоне

| Сезон года | Категория работ | Температура, °С | Относительная влажность, % | Скорость движения воздуха, м/сек |
|------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Холодный | 1б | 21 - 23 | 60-40 | 0,2 |
| Теплый | 1б | 22 - 24 | 60-40 | 0,3 |

Перепады температуры воздуха, а также изменения температуры воздуха в течение смены при обеспечении оптимальных величин микроклимата на рабочих местах не должны превышать 2 °С и выходить за пределы величин, указанных в таблице 4.2.

Для поддержания оптимальных значений микроклимата используется система отопления и кондиционирования воздуха. Для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха с дистиллированной или кипяченой питьевой водой.

4.3.2 Превышение уровней шума

Шум – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности, возникающих при механических колебаниях в твердых, жидких и газообразных средах.

Шум может создаваться работающим оборудованием (установками воздуха (воздуходувка), преобразователями напряжения). В результате исследований установлено, что шум ухудшает условия труда, оказывает вредное воздействие на организм человека. Действие шума различно: затрудняет разборчивость речи, вызывает необратимые изменения в органах слуха человека, повышает утомляемость. Предельно допустимые значения, характеризующие шум, регламентируются в ГОСТ 12.1.003-2014 [47].

Таблица 4.3

Допустимые уровни звукового давления и эквивалентного уровня звука

| Рабочие места | Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц | | | | | | | | Уровни звука и эквивалентные уровни звука дБа | |
|--|--|----|-----|-----|-----|------|------|------|---|------|
| | 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | | 8000 |
| Рабочие места в производственных помещениях (лабораториях) | 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | 80 |

Основные мероприятия по борьбе с шумом следующие: экранирование шума преградами, использование средств индивидуальной защиты против шума (ушные вкладыши, наушники и шлемофоны) согласно ГОСТ 12.1.029-80 [51].

4.3.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Искусственное освещение обеспечивается электрическими источниками света и применяется для работы в темное время суток, а днем при недостаточном естественном освещении. Источниками света при искусственном освещении являются газоразрядные лампы низкого и высокого давления и лампы накаливания.

Искусственное освещение в помещениях, где эксплуатируются компьютеры должно осуществляться системой общего равномерного освещения.

Освещенность на поверхности стола в зоне размещения документов (тетрадей, книг и т.д.) должна быть 300-500 лк. Допускается установка светильников местного

освещения для дополнительной подсветки. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк.

Отблеск на рабочих поверхностях ограничивается за счет правильного выбора светильника и расположения рабочих мест по отношению к естественному источнику света. Яркость бликов на экране монитора не должна превышать 40 кд/м². Показатель «ослепленности» для источников общего искусственного освещения в помещениях должен быть не более 20.

Согласно СП 52.13330.2016 [78] для искусственного освещения регламентирована наименьшая допустимая освещенность рабочих мест, а для естественного и совмещенного – коэффициент, который представляет собой отношение освещенности в данной точке внутри помещения к одновременно измеренной наружной горизонтальной освещенности под открытым небом.

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютерное оборудование, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная – 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности – 200 и 300 лк соответственно. Нормирование освещенности производится в соответствии с межотраслевыми нормами и правилами СП 52.13330.2016 [78].

Для искусственного освещения помещений с персональными компьютерами следует применять светильники с зеркализированными решетками, укомплектованные высокочастотными пускорегулирующими аппаратами. Допускается применять светильники прямого света с люминисцентными лампами или местного освещения с лампами накаливания. Светильники должны располагаться в виде сплошных или прерывистых линий сбоку от рабочих мест параллельно линии зрения пользователя при разном расположении компьютеров. При периметральном расположении — линии светильников должны располагаться локализовано над рабочим столом ближе к его переднему краю. Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов.

Для обеспечения нормативных значений освещенности в помещениях следует проводить чистку стекол оконных проемов и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

4.3.4 Электрический ток

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электрического поля и статического электричества.

Опасность поражения людей электрическим током появляется при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования.

Виды поражения организма током:

Электрический удар – представляет собой возбуждение живых тканей организма, проходящим через него электрическим током. Сопровождается резкими судорожными сокращениями мышц, в том числе мышцы сердца, что может привести к остановке сердца.

Электрические ожоги – возникают в результате локального воздействия тока на ткани.

Электрические знаки и метки – представляют собой четко очерченные пятна серого или бледно-желтого цвета на поверхности кожи человека, подвергнувшегося действию тока.

Металлизация кожи – это выпадение мельчайших частичек расплавленного металла на открытые поверхности кожи.

Механические повреждения – следствие судорожных сокращений мышц под действием тока, проходящего через человека, приводящее к разрыву кожи, мышц, сухожилий.

Допустимым считается ток, при котором человек может самостоятельно освободиться от электрической цепи. Его величина зависит от скорости прохождения тока через тело человека: при длительности действия более 10 секунд – 2 мА, при 10 секунд и менее – 6 мА.

Электробезопасность регламентируется нормативными документами: ГОСТ 12.1.030-81 [52], ГОСТ 12.1.038-82 [53].

В данном случае существует опасность электропоражения в следующих случаях: при прикосновении к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением; при соприкосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением.

В целях защиты необходимо применять следующие меры:

- защитное заземление (преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей электроустановок, которые могут оказаться под напряжением, при этом сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом),

- защитное отключение (быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении в ней опасности поражения током, происходит изменение некоторых электрических параметров сети, которые служат сигналом, вызывающим срабатывание устройства защитного отключения).

Для предупреждения электротравматизма во время работ в электроустановках очень важно проводить соответствующие защитные мероприятия. Применение защитных мероприятий регламентируется Правилами устройства электроустановок (ПЭУ) и Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок. В этих документах рассмотрены организационные и технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ:

- На рабочем месте пользователя размещены дисплей, клавиатура и системный блок. При включении дисплея на электронно-лучевой трубке создается высокое напряжение в несколько киловольт. Поэтому запрещается прикасаться к тыльной стороне дисплея, вытирать пыль с компьютера при его включенном состоянии, работать на компьютере во влажной одежде и влажными руками.

- Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели.

- Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока и клавиатуры, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам. Такие разряды опасности для человека не представляют, но могут привести к выходу из строя компьютера. Для снижения величин токов статического электричества используются нейтрализаторы, местное и общее увлажнение воздуха, использование покрытия полов с антистатической пропиткой.

4.3.5 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность — состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Противопожарная защита — это комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности людей, предотвращение пожара, ограничение его распространения, а также на создание условий для успешного тушения пожара.

Источниками возгорания могут быть электрические схемы от ПЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, кондиционирования воздуха, где в результате различных нарушений образуются

перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих материалов.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты. В помещениях обязательно должен быть «План эвакуации людей при пожаре», регламентирующий действия персонала в случае возникновения очага возгорания и указывающий места расположения пожарной техники.

4.4 Экологическая безопасность

Безопасность экологическая – состояние природной среды, обеспечивающее экологический баланс в природе и защиту окружающей среды и человека от вредного воздействия неблагоприятных факторов, вызванных естественными процессами и антропогенным воздействием, включая техногенное (промышленность, строительство) и сельскохозяйственное.

Воздействие экологически вредное – воздействие объекта хозяйственной или иной деятельности, приводящее к значительным, иногда необратимым изменениям в природной среде и оказывающее негативное влияние на человека.

При выполнении данной выпускной квалификационной работы не оказывается никакого вредного воздействия на окружающую среду.

4.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате источника, а именно опасного природного явления, катастрофы и т.п., которая может повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, а также нарушение условий жизнедеятельности людей.

В условиях рабочего помещения при работе на ПЭВМ возможно возникновение пожара, получение ожогов и поражение электрическим током. О несчастном случае пострадавший или очевидец обязан немедленно поставить в известность начальника, который должен организовать первую помощь пострадавшему и вызвать врача.

При поражении электрическим током одним из ключевых моментов при оказании первой помощи является немедленное выключение электрического тока. Для этого нужно отключить ток (поворот рубильника, выключателя, пробки), отвести электрические провода от пострадавшего, затем соединить между собой два токоведущих провода.

Пожар — это неконтролируемое горение очага, наносящее материальный ущерб, а также вызывающее несчастные случаи и причинение вреда здоровью человека и т.д.

Причиной пожара могут стать: неисправность оборудования, электропроводки, несоблюдение норм и правил пожарной безопасности.

В соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 [48] пожарная безопасность зданий должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Системы пожарной безопасности должны характеризоваться уровнем обеспечения пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также экономическими критериями эффективности этих систем для материальных ценностей, с учетом всех стадий (научная разработка, проектирование, строительство, эксплуатация) жизненного цикла зданий и выполнять одну из следующих задач:

- исключать возникновение пожара;
- обеспечивать пожарную безопасность людей;
- обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей;
- обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей

одновременно.

Здания должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений. Также в зданиях необходимо предусмотреть технические средства (лестничные клетки, противопожарные стены, лифты, наружные пожарные лестницы, аварийные люки и т.п.), имеющие устойчивость при пожаре и огнестойкость конструкций не менее времени, необходимого для спасения людей при пожаре, и расчетного времени тушения пожара.

За невыполнение требований по вопросам предупреждения ЧС, защиты персонала и материальных ценностей от ЧС работники отдела могут привлекаться к материальной и административной ответственности.

Для уменьшения риска возникновения пожара в рабочем помещении необходимо систематически проверять целостность изоляционных покрытий электрических проводок, а также курить только в специально отведенных местах.

Вывод

В ходе выполнения раздела «социальная ответственность» были рассмотрены правовые и организационные вопросы, включающие нормы трудового законодательства, организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны, график работы и отдыха. Выявлены вредные и опасные факторы воздействия на работающего в помещении на ПЭВМ человека:

1. Отклонение показателей микроклимата,
2. Превышение уровня шума,
3. Недостаточная освещенность рабочей зоны,

4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека,

5. Пожар.

Также была разработан пункт о безопасности при возникновении ЧС, а именно возникновение пожара, получение ожогов и поражение электрическим током и даны рекомендации по предотвращению и устранению всех рассмотренных в данном разделе негативных воздействий на человека при выполнении выпускной квалификационной работы.

Помимо вышеперечисленного было выявлено, что работа над данной выпускной квалификационной работой не оказывает никакого вредного воздействия на экологическую обстановку.

Заключение

Все среднее течение р. Оби проходит по Западно-Сибирской равнине и располагается на участке от устья р. Томи до устья р. Иртыш, проходя по территории Томской области и Ханты-Мансийского автономного округа. Река представляет собой плоскую, слаборасчлененную равнину и имеет такие крупные притоки, как Чулым, Чая, Кеть, Парабель, Васюган, Тым, Вах, Иртыш.

На сегодняшний день на берегу р. Обь расположены крупные города с постоянно развивающейся инфраструктурой различного характера, использующей для своих нужд огромные объемы воды. Река выступает важным судоходным узлом Западно - Сибирского региона, рекреационным комплексом, источником вод хозяйственно-питьевого назначения и др. Все это безусловно влияет на качество вод и экологическую обстановку бассейна реки в целом. Данный факт и определил цель работы - изучение пространственно-временного изменения химического состава вод р. Оби в ее среднем течении.

По химическому составу воды среднего течения р. Обь гидрокарбонатные кальциевые, пресные, преимущественно нейтральные.

В пространственном отношении при движении от устья р. Томь до с. Сытомино наблюдается тенденция к уменьшению среднего значения минерализации при одновременном снижении средних содержаний гидрокарбонат-иона, кальция, нитрат-иона, а также смена кислотно-щелочных условий от слабощелочных до нейтральных в районе с. Могочино.

В период с 1956 по 2016 гг. происходит увеличение значения рН, в это же время наблюдается некоторое снижение концентраций сульфат-иона, карбонат-иона, фульво- и гуминовых кислот, а также таких микроэлементов как висмут, ртуть, кадмий, свинец и цинк.

Причинами изменений содержания исследуемых компонентов в водах являются как природные факторы (растворение пород, привнесение с заболоченных территорий впадающими реками, смена ландшафтных зон и климатических условий и т.д.), так и антропогенные (городские, промышленные и бытовые сбросы сточных вод, удобрения с полей и т.д.).

В пределах исследуемой территории сформированы значительные производственные комплексы, в результате деятельности которых возможно формирование значительных по объему и разнообразию источников негативного воздействия на речные воды.

На основе результатов химического анализа вод р. Обь на исследуемом участке была проведена комплексная оценка степени загрязненности этих вод по методу

комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям.

По степени загрязненности воды р. Обь в ее среднем течении по величине среднего значения коэффициента комплексности загрязненности вод (по данным 1991 г.) относятся ко II категории. В число показателей, характеризующих загрязненность вод относятся кадмий, ртуть и железо общее. По данным исследований химического состава вод за 1999 и 2016 гг. воды относятся к I категории и загрязнение в этот период характеризуется единственным показателем – железом общим.

Вместе с тем расчет параметров загрязненности вод показал, что по показателю повторяемости случаев загрязненности вод в 1991 г. по кадмию и ртути наблюдается неустойчивая характеристика загрязненности вод, а по железу общему – устойчивая. Устойчивый характер загрязненности вод по железу общему отмечен и в 1999 г.

По значению индекса УКИЗВ и числу КПЗ класс качества вод в 1991 и 1999 гг. соответствует I, а воды относятся к категории условно чистых.

В целом с учетом всех указанных коэффициентов уровень загрязненности вод р. Обь в ее среднем течении за исследуемый период времени характеризуется как низкий.

Из всех исследуемых компонентов состава вод за 1991, 1999 и 2016 гг. наибольшую долю в общую степень загрязненности вод вносит соединение железа общего, т.к. его превышение по ПДК наблюдается практически на всем протяжении исследуемого участка реки.

Список публикаций автора

1. Васина Е.В. Особенности химического состава вод прибрежной части Арктических морей / Е.В. Васина; науч. рук. А.А. Хващевская // Проблемы геологии и освоения недр : труды XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева, 135-летию со дня рождения академика М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы, и 110-летию первого выпуска горных инженеров в Сибири, Томск, 2-7 апреля 2018 г. : в 2 т. — Томск : Изд-во ТПУ, 2018. — Т. 1. — [С. 548-550];

2. Васина Е.В. Особенности использования и факторы негативного воздействия на воды р. Оби в ее среднем течении / Е. В. Васина; науч. рук. А.А. Хващевская // Проблемы геологии и освоения недр: труды XXIII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, Томск, 8-12 апреля 2019 г. (принята в печать).

Список литературы

1. В.Н. Коротаев. Физико-географический очерк: р. Обь. Большая Российская энциклопедия. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bigenc.ru/geography/text/2286917> (дата обращения: 15.10.2018);
2. Г.А. Орлова, В.М. Савкин «Оценка водно-ресурсной ситуации в Обском бассейне в связи с особенностями распределения и использования речного стока». Речной сток Обского бассейна и его использование: Сб. науч. тр. /АН СССР, Сиб. отд-ние, Ин-т геологии и геофизики. Редкол.: д.г.-м.н. В.А. Николаев, к.г.н. В.М. Савкин (отв.ред.) и др. – Новосибирск, 1986. – 135 с.;
3. Гидрологический ежегодник 1956 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Ленинград, 1960;
4. Гидрологический ежегодник 1959 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Ленинград, 1963;
5. Гидрологический ежегодник 1961 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Ленинград, 1965;
6. Гидрологический ежегодник 1968 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Новосибирск, 1970;
7. Гидрологический ежегодник 1970 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Новосибирск, 1972;
8. Гидрологический ежегодник 1975 г. Том 6. Бассейн Карского моря (Западная часть). Выпуск 0-3. Река Обь и ее бассейн до устья р. Иртыш. Гидрометеиздат. Новосибирск, 1977;
9. Данные научно-исследовательской экспедиции по реке Оби в системе «Эстуарий - нижнее и среднее течение реки Оби», 2016 г.;
10. Е.А. Коробкин «Пространственные закономерности годового стока рек Сибири и Дальнего Востока»; Ю.М. Цимбалей, И.Н. Ротанова «Ландшафтно-экологические факторы формирования вод в Обском бассейне». Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов: Материалы Третьей всероссийской конференции с международным участием. Барнаул, 24-28 августа 2010 г. – Барнаул. Изд-во АРТ, 2010 г. – 628 с.;

11. Ежегодник качества поверхностных вод СССР. 1990 год / Гидрохимический институт. - Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 1991. - 465 с.;
12. Исследование изменчивости метеорологических и турбулентных характеристик приземного слоя атмосферы по результатам экспедиции "Пойма-99" [по Оби от Томска до Ханты-Мансийска] / Н. П. Красненко, П. Г. Стафеев // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тр. I межрегион. совещ. (Томск, 25-26 нояб. 1999 г.). - Новосибирск, 1999. - С. 176-183. - Библиогр.: с. 183;
13. Кондратьев Е.А. «Сырьевая база нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности». Чайковский техникум промышленных технологий и управления. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/15_39845_vvedenie.html (дата обращения: 25.11.2018);
14. Михеева О.К. Туризм. г. Минск, 2003;
15. Национальный атлас России. Том 1 – «Общая характеристика территории». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xn--80aaaa1bhncclci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd1/348-351.html> (дата обращения: 03.11.2018);
16. Национальный атлас России. Том 2 – «Природа и экология». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://xn--80aaaa1bhncclci1cl5c4ep.xn--p1ai/cd2/index.html> (дата обращения: 17.03.2019);
17. О.Г. Савичев «Гидрохимический сток в бассейне Средней Оби и условия его формирования». Вопросы географии Сибири: Сборник статей. - Томск: Томский государственный университет, 2009. - Вып. 27. - 196 с.;
18. О.Г. Савичев, А.О. Иванов «Атмосферные выпадения в бассейне средней Оби и их влияние на гидрохимический сток рек». Природные процессы и динамика геосистем. Томский государственный университет. Известия ран. серия географическая, 2010, № 1, с. 63–70;
19. Официальный сайт «Нижневартовская ГРЭС». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.ogk1.com/activities/production_capacity/nizhnevartovskaya/ (дата обращения: 25.11.2018);
20. Официальный сайт «Сургутская ГРЭС-1». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.ogk2.ru/rus/branch/surgutskaya/> (дата обращения: 25.11.2018);
21. Посохов Е. В., Толстихин Н. И. Минеральные воды (лечебные, промышленные, энергетические). Л., «Недра», 1977 - 240 с.;
22. Река Обь – главная водная артерия Сибири. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://posibiri.ru/reka-ob-glavnaya-vodnaya-arteriya-sibiri/> (дата обращения: 15.10.2018);

23. Река Обь. Научно-популярная энциклопедия «Вода России». [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://water-ru.ru/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D0%B1%D1%8A%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%8B/84/%D0%9E%D0%B1%D1%8C (дата обращения: 23.11.2018);
24. Ресурсы поверхностных вод СССР. Том 15. Алтай и Западная Сибирь. Выпуск 2. Средняя Обь. Под ред. канд. техн. наук Н.А. Паниной. Гидрометеиздат. Ленинград, 1972;
25. Рогов Г.М. Проблемы использования природных вод бассейна реки Томи для хозяйственно-питьевого водоснабжения / Рогов Г.М., Попов В.К., Осипова Е.Ю. – Томск: Изд-во Томск. гос. архит.-строит. ун-та, 2003. – 218 с.;
26. РОСПРИРОДНАДЗОР. Федеральная служба по надзору в сфере природопользования. Федеральная экологическая информация Ханты-мансийского автономного округа. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://rpn.gov.ru/node/5923> (дата обращения: 02.12.2018);
27. С.В. Темерев «Эколого-химическая оценка состояния водных систем бассейна Оби». Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора химических наук, Москва – 2008 г. – 51 с.;
28. Торегалиев О., Бисенова Л. Е. «Производственные отходы нефтяной промышленности и области их применения». Каспийский государственный университет техники и инженеринга им. Ш.Е. Есенова;
29. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Федеральное государственное бюджетное учреждение Арктический и Антарктический научно-исследовательский институт (ФГБУ "ААНИИ"). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.aari.ru/> (дата обращения: 25.01.2018);
30. Федеральное агентство водных ресурсов Российской Федерации. Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский научно-исследовательский институт Комплексного использования и охраны водных ресурсов» (ФГУП РосНИИВХ). Проект нормативов допустимого воздействия по бассейну реки Обь. Книга 2. Пояснительная записка. Государственный контракт НДВ-11-10 № 53 от «04» апреля 2011 г. «Разработка нормативов допустимого воздействия по бассейну реки Обь». Екатеринбург, 2012 г.;
31. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки. Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева Сибирского отделения российской академии наук;

32. Хващевская А.А. «Геохимия висмута в природных водах Западной Сибири»: диссертация на соискание ученой степени к. г.-м. н.: 25.00.15. – Томский политехнический университет, Томск, 2003 – 166 с.;
33. Шварцев С.Л. Гидрогеохимия зоны гипергенеза. — 2-е изд., исправл. и доп. — М.: Недра, 1998. - 366 с.;
34. Шварцев С.Л., Савичев О.Г., Вертман Г.Г. и др. Эколого-геохимическое состояние речных вод Средней Оби // Водные ресурсы. - 1996. -т.22. - N 6, С.723-731;
35. Экологическая ситуация пяти крупнейших рек РФ. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ecology-of.ru/eko-razdel/ekologicheskaya-situatsiya-pyati-krupnejshikh-rek-rf/> (дата обращения: 02.12.2018);
36. «The influence of land-use patterns in the Ruvu river watershed on water quality in the river system». Elizabeth Ngoyea, John F. Machiwa. ELSEVIER. Physics and Chemistry of the Earth, Volume 29, Issues 15–18, 2004, Pages 1161-1166;
37. Gerbersdorf, S.U., Hollert, H., Brinkmann, M., Wieprecht, S., Schuettrumpf, H. and W. Manz (2011): Anthropogenic pollutants affect ecosystem services of freshwater sediments: the need for a «triad plus x» approach. Journal of Soils & Sediments (2011). DOI 10.1007/s11368-011-0373-0 Online FirstTM, 11 May 2011;
38. Gerbersdorf, S.U., Manz, W., and Paterson, D.M. (2008): The engineering potential of natural benthic bacterial assemblages in terms of the erosion resistance of sediments. FEMS Microbiology Ecology 66, 282–294;
39. Gerbersdorf, S.U., Westrich, B., and Paterson, D.M. (2009): Microbial Extracellular Polymeric Substances (EPS) in fresh water sediments. Microbial Ecology 58, 334–349;
40. Lubarsky, H., Hubas, C., Chocholek, M., Larson, F., Manz, W., Paterson, D.M., and Gerbersdorf, S.U. (2010): The stabilisation potential of individual and mixed assemblages of natural bacteria and microalgae. PLoS ONE <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0013794>
41. Lubarsky, H.V./Gerbersdorf, S.U., Hubas, C., Behrens, S., Ricciardi, F., Paterson, D.M. (2011): Impairment of the bacterial biofilm stability by triclosan. PLoS ONE, under review;
42. Noack, M. und S. Wieprecht (2010): An approach to simulate interstitial processes in river beds to meet biological requirements, River Flow 2010, Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Volume 2, 1495–1502;
43. Noack, M., Eisner, A., Wieprecht, S. und M. Schneider (2008): Auswirkungen von Stauraumpülungen auf die Fließgewässerökologie, KW Korrespondenz Wasserwirtschaft 2008, Nr. 6, 320–325;

44. Wieprecht, S., Eisner, A. and M. Noack (2006): Modelling Approach to Simulate Habitat Dynamics, River Flow 2006, Proceedings of the International Conference on Fluvial Hydraulics, Volume 2, 2055– 2063;

Нормативная литература

45. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;

46. ГОСТ 12.0.003-2015 Межгосударственный стандарт. Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;

47. ГОСТ 12.1.003-2014 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности;

48. ГОСТ 12.1.004-91 Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования;

49. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1);

50. ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;

51. ГОСТ 12.1.029-80 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства и методы защиты от шума. Классификация;

52. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1);

53. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1);

54. ГОСТ 23268.3-78. Межгосударственный стандарт. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения гидрокарбонат-ионов;

55. ГОСТ 23268.5-78. Межгосударственный стандарт. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Методы определения ионов кальция и магния;

56. ГОСТ 31861-2012 Вода. Общие требования к отбору проб;

57. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений;

58. Конституция Российской Федерации (с изменениями на 21 июля 2014 года);

59. МУ 08–47/334. Методика (метод) измерений массовой концентрации катионов лития, натрия, аммония, калия, кальция, магния в пробах природных, питьевых и сточных вод методом ионной хроматографии;
60. МУ 31-03/04 (ФР.1.31.2004.00987). Количественный химический анализ проб природных, питьевых и сточных вод. Методика выполнения измерений массовых концентраций цинка, кадмия, свинца и меди методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа «ГА»;
61. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;
62. НСАМ 480-Х (ред. 2016 г., взамен ред. 2006 г. с изм. №1 от 13.04.2011 г.) «Определение элементного состава природных и питьевых вод методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой»;
63. ПНД Ф 14.1:2.159-2000 (ФР.1.31.2007.03797). Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сульфат-ионов в пробах природных и сточных вод турбидиметрическим методом;
64. ПНД Ф 14.1:2.215-06 Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации кремнекислоты в пересчете на кремний в пробах природных, сточных вод фотометрическим методом;
65. ПНД Ф 14.1:2.253-09 (издание 2013 года) (М 01-46-2013) Методика измерений массовой концентрации алюминия, бария, бериллия, ванадия, железа, кадмия, кобальта, лития, марганца, меди, молибдена, мышьяка, никеля, свинца, селена, серебра, стронция, титана, хрома, цинка в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией с использованием атомно-абсорбционного спектрометра модификаций МГА-915, МГА-915М, МГА-915МД;
66. ПНД Ф 14.1:2.4-95 (ФР.1.31.2007.03766) Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации нитрат-ионов в природных и сточных водах фотометрическим методом с салициловой кислотой;
67. ПНД Ф 14.1:2.50-96 (ФР.1.31.2007.03779). Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации общего железа в природных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой;
68. ПНД Ф 14.1:2:3.95-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации кальция в пробах природных и сточных вод титриметрическим методом;
69. ПНД Ф 14.1:2:3.96-97 Количественный химический анализ вод. Методика измерений массовой концентрации хлоридов в пробах природных и сточных вод аргентометрическим методом;

70. ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97. Количественный химический анализ вод. Методика измерений рН проб вод потенциометрическим методом;
71. ПНД Ф 14.1:2:4.217-06 (ФР.1.31.2004.01322) «Методика выполнения измерений массовой концентрации сурьмы, висмута и марганца в водах питьевых, природных, минеральных и сточных методом инверсионной вольтамперометрии на анализаторах типа «ТА»;
72. ПНД Ф 14.2.99-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации гидрокарбонатов в пробах природных вод титриметрическим методом;
73. Р 2.2.2006-05 Гигиена труда. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда;
74. РД 52.24.433-2005. Руководящий документ. Массовая концентрация кремния в поверхностных водах суши. Методика выполнения измерений фотометрическим методом в виде желтой формы молибдодокремниевой кислоты;
75. РД 52.24.643-2002.Руководящий документ. Метод комплексной оценки степени загрязненности поверхностных вод по гидрохимическим показателям;
76. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 "Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы" (с изменениями на 21 июня 2016 года);
77. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
78. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;
79. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003;
80. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 27 декабря 2018 года);
81. Федеральный закон «Об основах охраны труда в Российской Федерации», 17.07.1999 г. №181-ФЗ.

Приложение А
(обязательное)

NATÜRLICHE INDIKATOREN FÜR DIE QUALITÄT DES
FLUSSWASSERS

Студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|---------------------------|---|----------|
| 2BM72 | Васина Евгения Валерьевна |  | 15.04.19 |

Консультант – лингвист отделения (НОЦ) школы ШБИП ОИЯ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-----------------------|-----------------|---------------------------|---|------------|
| Старший преподаватель | Щеголихина Ю.В. | к.ф.н. |  | 22.04.2019 |

Forschung im Fluss

Fließgewässer sind die Lebensadern unserer Landschaft. Neben ihren Funktionen in der Kulturlandschaft sind Bäche und Flüsse als Ökosysteme besonders interessant. Die ständige Bewegung und Veränderung durch das fließende Wasser schaffen Nischen für spezialisierte Pflanzen- und Tierarten.

Der naturbelassene Fluss bildet mit den bei Hochwasser überschwemmten Auen eine ökologische Einheit, die Ausdruck der geologischen und klimatischen Randbedingungen sowie der Reliefgestalt im Einzugsgebiet ist. Die damit einhergehende Vielfalt der Lebensräume begünstigt das Vorkommen hochspezialisierter Pflanzen- und Tiergesellschaften, die über Nahrungsnetze untereinander verbunden sind. Unter natürlichen Bedingungen bilden Flüsse mit ihren Auen die artenreichsten Ökosysteme.

Fließgewässer zeichnen sich gegenüber Seen durch eine hohe Dynamik aus. So nimmt die Wasserführung entlang des Laufes zu und die Gestalt ist sehr variabel. Die kurze Verweildauer des Wassers und die turbulente Durchmischung sind weitere solcher Merkmale. Dies hat Auswirkungen auf die Gewässerbiologie und -chemie, sowie auf die Hydromorphologie. The dynamic features and varieties of river systems are vital for the aquatic life and beyond; still, the rivers and their adjacent areas have been tamed for the sake of shipping, floodwater protection, wastewater disposal, and energy generation. Parallel to the hydroengineering measures and the pauperization of the aquatic habitats in the last decades, the overall view of early scientists on the important interactions between the environment and life has been lost to make place for specialists. There is now a consensus that we need to reverse and regain diversity in both, the river ecosystem and our scientific understanding of natural processes, for cultural, economical, ecological, and finally human health reasons. Within researchers from different disciplines (engineers, biologists, geologists) work closely together to better understand essential interactions of hydraulic forces, river morphology, sedimentology, and biology. With the help of this multidisciplinary view, we want to elucidate the important parameters to be implemented in state-of-the-art models, which we apply to predict reliable habitat suitability for fish and sediment dynamics in riverine systems.

Fließgewässer damals – Fließgewässer heute

Am Ende des 19. Jahrhunderts und zu Beginn des 20. Jahrhunderts wurden viele unserer Flüsse begradigt und eingeengt. Der Fluss wurde zur Wasserstraße oder zum Abwasserkanal degradiert und die Auen als nutzlose Brutstätten von Krankheitserregern trockengelegt. Der Fluss, der natürlicherweise seinen Lauf oft änderte, wurde fixiert und den anthropogenen Nutzungen untergeordnet [40].

Mit zunehmender Industrialisierung stieg auch der Bedarf an Energie und Transportmöglichkeiten, und die Fließgewässer wurden aufgestaut. Die dadurch entstandene meist monotone Gewässerstruktur und die Vereinheitlichung der Strömungsbedingungen haben dazu geführt, dass das morphologische Regime und der Geschiebehalt aus dem Gleichgewicht geraten sind.

Mit der Einengung verändert sich auch die Morphologie. Die Sohle ebnet sich ein und der Strukturreichtum der Sohle verschwindet. Manchmal entstehen alternierende Bänke, die noch ein Minimum an morphologischer Diversität gewährleisten. Durch Erosion geht jedoch auch dieser letzte Rest an Strukturvielfalt verloren. Ehemals vorhandene Kiesbänke werden aufgrund des Geschiebemangels und der damit verbundenen Erosion abgetragen. Diese Strukturen sind jedoch insbesondere für kieslaichende Fischarten oder Bewohner des Interstitials ein wichtiger Lebensraum [39, 37].

Die reduzierte Strukturvielfalt in einem begradigten und eingegengten Fließgewässerabschnitt führt zum Verlust typischer Gewässermerkmale, die die Habitate für verschiedene wassergebundene Arten darstellen. Durch Einengungen gehen Hinterwasser, Naturufer, Schotterbänke, Riffle und Totwasser, die sich durch unterschiedliche Fließgeschwindigkeiten, Wassertiefen und Substratverhältnisse unterscheiden, verloren. Diese Vielfalt an Habitaten ist jedoch erforderlich, um die Reproduktion sowohl von strömungsliebenden (z.B. Bachforelle, Äsche), strömungsindifferenten (z.B. Wels, Karpfen, Rotaugen, Hecht) als auch strömungsmeidenden Fischarten (z.B. Rotfeder, Schleie, Bitterling) zu ermöglichen. Zum anderen brauchen die einzelnen Fischarten sehr unterschiedliche Nahrungs- und Rückzugshabitate in ihren jeweiligen Lebensstadien. Hier setzen u.a. die Arbeiten am Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft an: in Habitatmodellen werden die Ansprüche einzelner Fischarten beschrieben und zur Gewässergütebewertung den tatsächlichen Gegebenheiten am Standort gegenübergestellt [43].

Durch die wasserbaulichen Maßnahmen veränderte sich auch die Dynamik der Feinsedimente stark. Schnellere Fließgeschwindigkeiten führen zu einem höheren «Durchsatz» und die Sedimente lagern sich nun nicht mehr in Seitenarmen ab, sondern auch in den Wasserstraßen und Hafengebieten, wo ihre Ausbaggerung jährlich Millionen Euro verschlingt. Zudem sind gerade an die feinen hochreaktiven Sedimente wie Ton und Schluff ($< 63 \mu\text{m}$) Schadstoffe gebunden, was die Sedimentverklappung zusätzlich erschwert. Kommt es zur (starken) Erosion der Flusssohle, können vormals im Sediment immobilisierte Schadstoffe freigesetzt und bioverfügbar werden.

Inzwischen jedoch setzt sich eine neue Denkweise durch, welche Sedimente nicht nur als unerwünschte Fracht ansieht, sondern auch als einen wichtigen benthischen Lebensraum, der eine Vielzahl Kleinstlebewesen beherbergt, die für höhere trophische Ebenen bis hin zu den

Fischen wichtig sind. Die Erhaltung der Sedimente vor Ort ist das neue Ziel, aber die Risiken ihrer Dynamik und der assoziierten Schadstoffe müssen kalkulierbar sein. Doch genau das ist es bislang nicht, denn feine Sedimente werden auch bevorzugt von Mikroorganismen besiedelt und diese verkleben mit ihren langkettigen Ausscheidungen das Sediment und erhöhen so deren Widerstand gegen erodierende Kräfte. Der Einfluss der Biologie auf die Sedimentstabilität ist aber in Modellen schwer vorhersagbar, da die zugrundeliegenden Prozesse hochdynamisch sind und dabei täglichen bis saisonalen Schwankungen unterliegen. Daher ist es auch notwendig, sich mit grundlegenden Fragen zu befassen Biostabilisierung von Feinsedimenten durch mikrobielle Biofilme mit dem langfristigen Ziel der Implementierung dieser Prozesse und Interaktionen zwischen Biologie und Sedimentologie in SedimentTransportmodellen [36, 38, 37].

Die Bedeutung der Feinsedimente als wichtiges Habitat sowie Schadstoffsенke und -quelle im aquatischen Lebensraum wird zunehmend in der Wissenschaft anerkannt und auch in der Öffentlichkeit wahrgenommen.

Dabei stand zunächst die Wassersäule alleine im Fokus bis man erkannt hat, dass auch die Sedimente entscheidend die Ökologie prägen. Als Gradmesser werden zum einen physikalische und chemische Größen definiert, deren Grenzwerte einzuhalten sind, um eine entsprechende Wasserqualität zu gewährleisten. Zusätzlich geben biologische Parameter wie z.B. die Artenzusammensetzung und -vielfalt Auskunft über die Qualität des Lebensraumes. Dabei werden morphologische Parameter wie die Beschreibung von Strukturen als Zustandsgrößen für die Charakterisierung der Gewässerqualität angewendet. Die Wasserrahmenrichtlinie bringt nach dem langen Weg der eindimensionalen Betrachtungsweise des Gewässers aus dem jeweils schmalen Blickwinkel der Einzeldisziplinen wieder einen ganzheitlichen Ansatz ins Spiel, welcher nötig ist um komplexe Naturprozesse zu verstehen. Aufgrund des hohen Detailwissens und der Spezialisierung in den Einzeldisziplinen kann aber nicht mehr nur ein Fachmann/-frau alle Fragen beantworten.

Ein Blick in das System: Was bedingt Gewässergüte und wie überwacht man sie?

Die mit Abstand wichtigste treibende Kraft zur Initiierung fluvialer dynamischer Prozesse ist der Abfluss, welcher natürlicherweise je nach Flussregion unterschiedliche saisonale Charakteristiken aufweist. Insgesamt werden fünf Kernfaktoren zur Beschreibung dieser hydrologischen Variabilität verwendet: Maximalabfluss, Häufigkeit, Dauer und Zeitpunkt von Extremereignissen sowie die maximale Veränderungsrate des Abflusses. Werden diese Komponenten aufgrund von anthropogenen Maßnahmen verändert, wirkt sich dies unmittelbar auf weitere abiotische Größen wie Sediment- und Temperaturhaushalt, Wasserqualität oder Gewässerstrukturgüte aus, die sowohl die Habitatvielfalt als auch die Lebensraumqualität erheblich beeinflussen.

Die physikalisch-chemische Wasserqualität von Flüssen hat sich in den letzten Jahrzehnten aufgrund des Fortschritts in der Abwasserbehandlung und dem Bau neuer Kläranlagen erheblich verbessert. Aber die Wasserqualität alleine reicht nicht aus um die ökologische Funktionsfähigkeit von Flüssen zu gewährleisten. Die Morphologie des Flussbettes (Uferbefestigung sowie Tiefen- und Breitenvariabilität) bedingt in Wechselwirkung mit den zeitlich und räumlich variierenden Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten strukturelle Gewässereigenschaften (wie Pflanzenbewuchs und Sedimenteigenschaften), welche von großer Bedeutung für das Ökosystem sind.

Weiterhin spielt die laterale Gewässerdurchgängigkeit eine große Rolle hinsichtlich der Bewertung des Lebensraums für aquatische Organismen. Durch anthropogene Maßnahmen, insbesondere Querbauwerke und Stauhaltungen, wurde diese Durchgängigkeit in der Vergangenheit völlig unterbunden, mit gravierenden Folgen. Zudem halten die Querbauwerke natürliche Hochwasserwellen zurück bzw. geben sie gedämpft weiter, um die Überflutung zu regeln und die Sicherheit urbaner Gebiete zu gewährleisten. Dadurch wird auch der Geschiebetransport sowie Sedimenthaushalt massiv gestört und die fehlende regelmäßige Umlagerung und Neustrukturierung der Gewässersohle begünstigt die «Verschlammung» am Flussgrund vor z.B. Stauhaltungen. Direkt hinter Wasserkraftwerken lassen extreme Schwall- und Sunk-Ereignisse keinen Raum für eine nachhaltige Besiedlung durch Organismen [41].

Die Güte eines Lebensraumes für den einzelnen Organismus bestimmt sich gerade über jene vielfältigen Strukturen, welche unter den wasserbaulichen Maßnahmen stark beeinträchtigt wurden. Je nach Lebensstadium braucht es die unterschiedlichsten Habitate, selbst für dieselbe Art, um erfolgreiches Laichen zu ermöglichen, Verstecke für Juvenile oder Jagd/Weidemöglichkeiten für Adulte zu bieten sowie die für das Wanderverhalten erforderliche Durchgängigkeit. Die sich daraus ergebende Gewässergüte lässt sich in ihrer vielfältigen Gesamtheit am besten an der Artenvielfalt und Artenzusammensetzung der jeweiligen Lebensgemeinschaft ablesen.

Im Gegensatz dazu sind andere Untersuchungen zwar wichtig, spiegeln aber dennoch nur einen kleinen Ausschnitt aus dem Gesamtsystem wieder. Beispielsweise bestimmen chemische Wasseruntersuchungen reine «Jetzt»-Konzentrationen an Nährstoffen und Schadstoffen im Wasserkörper, aber über die Konzentrationen von gestern und vorgestern lassen sich keine Aussagen treffen, noch sind diese Werte geeignet, die Gesamtqualität des Lebensraumes zu bewerten.

Ganz anders dagegen die Zusammensetzung der Lebensgemeinschaft: sie ist das «Gedächtnis» der Ereignisse der letzten Wochen, Monate oder Jahre in einem Flussabschnitt und versammelt die Interaktionen mit der Umgebung (Struktur, Abflussregime, Temperatur, Nährstoffe, Licht, Schadstoffe) sowie biotische und trophische Interaktionen (Konkurrenz,

Abweidung). Doch gibt es auch hier Opportunisten, die unter einer weiten Bandbreite an Gegebenheiten existieren können. Daher gilt es, geeignete «Bioindikatoren» zu finden, die sowohl einen sehr engen Toleranzbereich haben, als auch eine hohe Eignung für die jeweils zu bewertende Gewässerklasse.

Beispielsweise sind Protozoen (Einzeller), hier besonders die Ciliaten (Wimpertierchen), ideal, um in nährstoffbelastenden Gewässern Aussagen über den «Verschmutzungsgrad» von polysaprob (stark belastet) bis zu mesosaprob (mittelmäßig belastet) (jeweils mit den Sub-Leveln α und β) zu treffen. Jeder exakt definierten Belastungsstufe kann eine typische Lebensgemeinschaft zugeordnet werden, die den Namen der jeweilig bedeutendsten Art trägt: z.B. das *Carchesiosum polyppinae* in der alpha-mesosaprobischen Selbstreinigungsstufe oder das *Pleuronemetum coronatae* in der beta-mesosaprobischen Selbstreinigungsstufe. Bislang konnten aber keine Ciliaten-Gesellschaften bestimmt werden, welche eindeutig oligosaprobe (nicht belastete) Gewässer anzeigen können.

Zudem erfordert die Bestimmung dieser Lebensgemeinschaften Expertenwissen, das nicht überall verfügbar ist. Ähnliches gilt für Kieselalgen (Diatomeen)-Gesellschaften, einzellige Algen welche ganzjährig in Fließgewässern vorkommen, und welche mittlerweile obligatorisch zum Monitoring gemäß. Der Vorteil des Kieselalgen-Monitoring liegt darin, dass eine ein- bis zweimalige Probe pro Jahr ausreichende Informationen gibt. Weitaus wichtiger ist jedoch ihr ubiquitäres (universelles) Vorkommen weltweit, was die Etablierung global vergleichbarer Methoden möglich macht. Die Bestimmung des Makrozoobenthos (Larven von Insekten, Egel, Strudelwürmer, Schnecken, Muscheln, Krebse, Schwämme) ist bis zu einem gewissen Niveau relativ leicht erlernbar und kommt ebenfalls mit einer niedrigen Probenrate (zweimal im Jahr) aus. Diese Bioindikatoren eignen sich bestens um oligotrophe bis mesotrophe Gewässertypen abzugrenzen, die feinen Unterschiede im stark belasteten Bereich können sie hingegen nicht abbilden.

Biofilme sind Gemeinschaften aus Bakterien, Mikroalgen und Pilzen, welche eingehüllt in einer selbstproduzierten Schleimmatrix leben, mit der sie gleichzeitig die Sedimentkörner verkitten und so den Widerstand des Sedimentes gegen erosive Kräfte erhöhen. Biofilme stehen am Beginn der Nahrungskette, und die Effekte schlechter Gewässerqualität auf diese Gemeinschaften wirken sich um ein Vielfaches potenziert auf höhere Nahrungslevels aus. Zudem erfüllen Biofilme wichtige Funktionen für den aquatischen Lebensraum und auch darüber hinaus, indem sie der Motor zur Selbstreinigung sind, biogeochemische Stoffflüsse bedeutsam beeinflussen, und in die Dynamik von Feinsedimenten nebst assoziierten Schadstoffen eingreifen. Biofilme mit ihrem großen Verhältnis zwischen Oberfläche und Volumen, ihrem schnellen Stoffwechsel und hohem Anpassungsgrad sind unmittelbare und sehr sensitive Indikatoren für die Gewässergüte.

Mittels neuerer molekulargenetischer Techniken ist es mittlerweile auch bei Bakterien möglich, Veränderungen im Artenspektrum bis hin zur Artenverarmung und Ausprägung hochspezialisierter Arten unter Extrembedingungen zu dokumentieren. Doch es wird kontrovers diskutiert, ob diese Artenveränderungen wirklich eine Veränderung der so wichtigen Funktionen der Biofilme für das Ökosystem nach sich ziehen oder ob diese von einem Wechsel in Diversität und Artenzusammensetzung unberührt bleiben [1]. Wir befassen uns daher mit einer wichtigen «Ecosystem Function» der Biofilme, der Biostabilisierung, und untersuchen wie sich diese beispielsweise unter der Exposition der im Fließgewässer zunehmend relevanten «Personal Care Products» verändert [40].

Gegenüber Biofilmen, welche unmittelbare Effekte zeigen können, stehen Fische am Ende der aquatischen Nahrungskette, dafür aber zeigen sie uns kumulative Effekte, das heißt, sie geben Information darüber wie sich langjährige, vielfältige Belastungen auswirken, noch dazu auf Wirbeltiere, von deren Beeinflussung wir auch auf mögliche Effekte für den Menschen und seine Gesundheit schließen können.

Durch die bereits oben beschriebenen anthropogenen Habitatveränderungen im Fließgewässer, gibt es kaum mehr die ehemals beschriebenen typischen Fischgebiete mit ihren Leitarten (z.B. Forellenregion, Äschenregion, Brachsenregion, Bleiregion) die uns etwas über die Gewässergüte vermitteln könnten. Daher fokussieren aus ökotoxikologischer Sicht die Untersuchungen auf Zell- und Organschädigungen sowie Mutationspotential. Da Fische ein sehr sichtbares Zeichen einer intakten Umwelt sind und auch aus wirtschaftlichen und kulturellen Überlegungen die Ansiedelung bzw. Wiederansiedelung erwünscht ist, ist die Habitatmodellierung von Fischen geeignet, den ökologischen Zustand darzustellen.

Die Reproduktion kieslaichender Fischarten – ein integrativer Indikator für die Gewässerdynamik.

Habitatmodelle können nur in dem Maße gut sein, wie grundlegende ökologische Prinzipien und Theorien verstanden und entsprechend darin implementiert werden. Um die langfristig erfolgreiche Etablierung einer Population anhand eines geeigneten Lebensraumes vorherzusagen, kann man sich nicht nur auf Abundanzen beziehen, da laut ökologischen Gesetzen die Individuenanzahl nicht per se entscheidend ist für die Population, wohl aber ihre «vital rates» d. h. Zuwachs, Tod und Abwanderung. Dafür ist es unerlässlich, die verschiedenen Lebensstadien einzubeziehen und sich nicht auf eine zu beschränken. Gerade die Reproduktion ist eines der wichtigsten Stadien, welches, weit über den gegenwärtigen Ist-Zustand, Aussagen zum langfristigen Bestand einer Population zuläßt [42].

In Flüssen mit kiesiger Gewässersohle gelten kieslaichende Fischarten, wie die Bachforelle, der Lachs oder die Äsche als Zeigerfischarten für die Qualität des Sedimentkörpers

eines Gewässers. Die Reproduktion der Kieslaicher unterteilt sich hierbei in unterschiedliche Entwicklungsphasen, die vereinfacht als Laichphase, Inkubationsphase und Emergenzphase bezeichnet werden können. In der Laichphase schlägt der Fisch in das Gewässerbett eine Grube, in die befruchtete Fischeier gelegt und anschließend wieder mit Sediment bedeckt werden. Die Entwicklung während der Inkubationsphase (Zeitraum in der Gewässersohle) dauert mehrere Monate und beinhaltet die embryonale Phase, den Schlupf aus dem Ei sowie die larvale Phase. Die hierbei stattfindenden Stoffwechselprozesse werden hauptsächlich durch die Temperatur im Sedimentkörper gesteuert. Die letzte Phase – die Emergenz – beschreibt den Aufstieg aus dem Sedimentkörper in das Oberflächengewässer, womit die Reproduktion abgeschlossen ist.

Der integrative Indikatorwert der Reproduktion ergibt sich aus den unterschiedlichen Ansprüchen während der Entwicklungsphasen. So benötigen die Fische während der Laichphase bestimmte Wassertiefen und Fließgeschwindigkeiten sowie eine lockere Gewässersohle mit geeignetem Laichsubstrat in einem bestimmten Korngrößenbereich. Dies kann nur bei ausreichender Sedimentdynamik gewährleistet werden, d. h. der Sedimentkörper muss regelmäßig umgelagert werden damit eine mögliche «Verstopfung» durch Feinsedimente gelöst wird und diese ausgewaschen werden [42].

Die Entwicklung in der Inkubationsphase ist hauptsächlich von dem Gehalt an gelösten Sauerstoff sowie der Temperatur im Sedimentkörper abhängig. Das natürliche Kiesbett wird idealerweise stets mit Oberflächenwasser durchströmt, um Eier und Larven mit ausreichend Sauerstoff zu versorgen sowie ihre Stoffwechselprodukte abzutransportieren. Dies ist nur möglich, wenn der Sedimentkörper in der Inkubationsphase stabil ist und die Eier und Larven nicht ausgespült werden, der Sedimentkörper über eine ausreichende Permeabilität verfügt und die sauerstoffzehrenden Prozesse in der hyporheischen Zone den Sauerstoffgehalt nicht limitieren.

Schließlich wird während der Emergenz eine ausreichende Lückigkeit zwischen den Sedimenten benötigt, um aus dem Sedimentkörper in die freie Wasseroberfläche aufzusteigen. Infiltrieren während der Inkubation zu viele Feinsedimente können die Poren verstopft sein und die Jungfische bleiben im Sedimentkörper gefangen.

Durch die veränderte Morphologie und Struktur im Fließgewässer haben wir heute an vielen Stellen deutlich höhere Schwebstofffrachten als früher, wodurch es zusammen mit der fehlenden Umschichtung grober Sedimente zu einer zunehmenden Sedimentation feiner organischer Bestandteile über gröberem Sediment kommen kann. Wenn Feinsedimente die grobe Sedimentmatrix vollständig bedecken, bzw. sogar in diese infiltrieren, spricht man von äußerer bzw. innerer Kolmation. Die Entwicklung von Kolmationsschichten kann nicht nur vorübergehend die Porenräume verstopfen, sondern auch längerfristig zu einer unnatürlichen Verfestigung des Gewässerbetts führen. An Feinsedimenten siedeln bevorzugt Mikroorganismen

und diese bilden Biofilme mittels extrazellulärer Substanzen, mit welchen sie zusätzlich die Porenräume verkitten und die Stabilität erhöhen können [42].

Letztlich wird der Austausch zwischen Grundwasserkörper und Oberflächenwasser massiv behindert. Des Weiteren können die organischen Bestandteile von Bakterien verstoffwechselt werden, wobei Sauerstoff verbraucht wird und es lokal zu stark reduzierten Milieubedingungen im Übergangsbereich zwischen Grund- und Oberflächenwasser kommen kann. Dieser Übergangsbereich – auch hyporheisches Interstitial genannt – findet in den letzten Jahren zunehmende Beachtung in der Bewertung des ökologischen Zustandes, da er eine Verknüpfung zwischen aquatischen und terrestrischen Ökosystemen darstellt und als ein wichtiger Bioreaktor in Sachen Stoffumsatzprozesse fungiert.

Für Revitalisierungsmaßnahmen und Schaffung von Reproduktionsarealen sind Simulationswerkzeuge als Planungsinstrumente zur Prognose von Lebensräumen und deren Quantität und Qualität notwendig, die sowohl die Ansprüche der Indikatorarten als auch die abiotischen Umweltfaktoren berücksichtigen. Dabei werden mit Hilfe mehrdimensionaler hydro- und morphodynamischer Modelle die Veränderung der abiotischen Kenngrößen wie Wassertiefen- und Fließgeschwindigkeitsverteilungen, Sohlhöhenänderungen oder Verteilung und Sortierung von Korngrößen in höher räumlicher und zeitlicher Auflösung simuliert, um Input-Daten für das am Lehrstuhl entwickelte Habitatmodell CASiMiR (Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Requirements) zu generieren. CASiMiR verknüpft die abiotischen Daten mit Ansprüchen von Zeigerarten mittels eines multivariaten fuzzy-logischen Ansatzes, der die kombinierte Wirkung mehrere Eingangsdaten auf den Lebensraum einer Zeigerart berücksichtigt. Die Eingangsdaten beschreiben hierbei die abiotische Charakteristik eines Lebensraums. [8] zeigt die prinzipielle Funktionsweise von CASiMiR am Beispiel der Simulation von Laichhabitaten der Bachforelle unter Berücksichtigung der zeitlich variablen Eingangsdaten Wassertiefe, Fließgeschwindigkeit und Substratgröße.

Das Ergebnis der Modellierung ist eine Prognose über die Eignung des Habitats mit einem Wert zwischen 0 (ungeeignet) und 1 (optimal geeignet), entsprechend dem Zusammenspiel der abiotischen Eingangsgrößen und deren Wirkungen auf die Lebensraumqualität. In [43] zeigt der Seitenarm ungeeignete Habitate an, da hier sowohl die hydraulischen Kenngrößen, als auch der Korngrößenbereich außerhalb der Werte liegen, welche die Bachforelle zum Laichen benötigt.

Fazit und Ausblick

Die Berücksichtigung dieser Parameter in Computer Aided Simulation Model for Instream Flow Requirements kann nur ein Anfang sein, um bestmöglich die idealen Habitate zum Laichen zu identifizieren. Wie oben beschrieben, müssen weitere so genannte

Schlüsselfaktoren für die Qualität eines Reproduktionshabitats erfasst werden, welche sich auch gerade unter der fortschreitenden Kolmation deutlich ändern können, wie z.B. Permeabilität, Wassertemperatur, Bioaktivität, hyporheischer Austausch oder Sauerstoffverfügbarkeit. Die aktuelle Forschung beschäftigt sich daher mit der Quantifizierung dieser zeitlich und räumlich stark heterogenen Prozesse, um möglichst alle relevanten Umweltfaktoren zu berücksichtigen und in der Habitatmodellierung zu implementieren. Von signifikanter Bedeutung in Habitatmodellen ist die Definition der abiotisch-biotischen Kopplungen, die nur durch Verknüpfung mehrerer Kompetenzbereiche aus verschiedenen Disziplinen (Beispiel Reproduktion: Hydromorphologie, Biologie, Hydrogeologie) adäquat formuliert werden kann und dieses Grundverständnis ist eine Voraussetzung für revitalisierende Maßnahmen.

Ähnliches gilt für Sedimenttransportmodelle, denn auch hier ist bislang die Vorhersagekraft für kohäsives Material eingeschränkt, da weder die Biologie als solche noch deren Interaktionen zu den physikalisch-chemischen Randbedingungen implementiert ist. Dabei beeinflusst das mikrobielle Wachstum und die Ausscheidung klebriger polymerer Substanzen entscheidend die Stabilität der Feinsedimente gegenüber erosiven Kräften sowie die Flockencharakteristik (Form, Größe, Dichte, Verbundstärke) des aufgewirbelten Sedimentes mit Konsequenzen für dessen weiteres Transport- und Depositionsverhalten. Nur mittels einer «Mehrweg»-Betrachtung durch die Vernetzung interdisziplinärer Kompetenzen ist ein Verständnis der komplexen Zusammenhänge zwischen Ökologie, Chemie, Sedimentologie und Hydromorphologie in Sedimenten möglich, welches eine wichtige Bedingung für entsprechende Bewirtschaftungsmaßnahmen ist.

Die dynamischen Eigenschaften und das vielseitige Erscheinungsbild von Flusssystemen sind für die aquatische Flora and Fauna eine essentielle Lebensgrundlage. Die ökologische Funktionsfähigkeit der Gewässer konkurriert jedoch mit weiteren Nutzungszielen wie Schifffahrt, Hochwasserschutz, Abwassermanagement oder Erzeugung regenerativer Energie wodurch das heutige Erscheinungsbild aufgrund flussbaulicher Maßnahmen die ursprüngliche Vielfalt verloren hat. Parallel zur dieser Homogenisierung der Flüsse ist auch das multidisziplinäre Mehrwegverständnis früherer Forscher durch die «Einwegbetrachtung» einzelner Fachspezialisten ersetzt worden. Heutzutage herrscht wieder ein Konsens, hin zu mehr Diversität zu kommen, sowohl die Welt der aquatischen Ökosysteme betreffend als auch das wissenschaftliche Verständnis der natürlichen Prozesse. Das gebieten in beiden Fällen sowohl kulturelle als auch wirtschaftliche, ökologische und nicht zuletzt auch humangesundheitliche Aspekte.

Am Lehrstuhl für Wasserbau und Wassermengenwirtschaft arbeiten Wissenschaftler aus verschiedenen Fachbereichen (Ingenieurwesen, Biologie, Geologie) interdisziplinär zusammen, um das Wissen bedeutender Interaktionen zwischen Hydraulik, Flussmorphologie,

Sedimentologie und Biologie zu erweitern. Basierend auf dieser Mehrweg-Betrachtung werden aktuelle Modelle verwendet und weiterentwickelt, um Prognosen über die hydromorphologische Entwicklung der Fließgewässer, deren Sedimentdynamik und die Auswirkungen auf die Qualität aquatischer Lebensräume zu treffen.