

На правах рукописи



Рожкова-Тимина Инна Олеговна

**ЭКОЛОГО-БИОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ВОДОЕМОВ
ПОЙМЫ СРЕДНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ОБИ**

03.02.08 – Экология (биология)

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук

Томск – 2019

Работа выполнена в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Научный руководитель: доктор биологических наук, профессор
Кирпотин Сергей Николаевич

Официальные оппоненты:

Головацкая Евгения Александровна, доктор биологических наук, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт мониторинга климатических и экологических систем Сибирского отделения Российской академии наук, директор

Миронычева-Токарева Нина Петровна, кандидат биологических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория биогеоэкологии, заведующий лабораторией

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных и экологических проблем Сибирского отделения Российской академии наук

Защита состоится 04 декабря 2019 года в 14 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.267.10, созданного на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», по адресу: 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36 (корпус НИИ ББ, конференц-зал).

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке и на официальном сайте федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» www.tsu.ru.

Материалы по защите диссертации размещены на официальном сайте ТГУ: <http://www.ams.tsu.ru/TSU/QualificationDep/co-searchers.nsf/newpublicationn/Rozhkova-TiminaIO04122019.html>

Автореферат разослан «___» октября 2019 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
кандидат биологических наук



Носков Юрий Александрович

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Бореальные и субарктические районы Северного полушария относятся к числу наиболее уязвимых районов в контексте происходящих природных изменений [Frey, McClelland, 2009 ; Schuur et al., 2015 ; Vonk et al., 2015 ; Throckmorton et al., 2016 ; Ala-Aho et al., 2018a, 2018b ; Serikova et al., 2018]. Наиболее значимой территорией в данном аспекте является Сибирь из-за значительного накопления углерода в почвах мерзлотной и немерзлотной зон [Botch et al., 1995 ; Kremetski et al., 2003 ; Frey and Smith, 2007 ; Beilman et al., 2009 ; Tarnocai et al., 2009 ; Kirpotin et al., 2009 ; Smith et al., 2012 ; Hugelius et al., 2014 ; Gentsch et al., 2015 ; Pokrovsky et al., 2015 ; Serikova et al., 2018, 2019]. Знание закономерностей биогеохимических процессов, связанных с потеплением в этом регионе и последующими миграциями углерода, особенно важно для глобальных прогнозов углеродного баланса и климатически обусловленных изменений экосистем и ландшафтов на планете [Smith et al., 2004 ; Frey and Smith, 2005 ; Zakharova et al., 2014]. При этом северные области Западносибирской равнины более чувствительны к потеплению, чем аналогичные территории Средней и Восточной Сибири, а также Канадской Арктики и Аляски [Serikova et al., 2018, 2019 ; Ala-aho et al., 2018a, 2018b]. Причинами выступают иной характер распространения вечной мерзлоты на ее территории (преобладание прерывистого, спорадического и островного типов) [Романовский и др., 2010]; абсолютно плоская поверхность равнины, что приводит к наиболее высокой степени воздействия наводнений [Kirpotin et al., 2009]; и высокий запас древнего и относительно свежего органического углерода в виде торфяных отложений [Kirpotin et al., 2009].

Обь – крупнейшая река Западной Сибири, берущая начало в горах Алтая и впадающая в Северный Ледовитый океан. В своем течении она проходит все ландшафтно-климатические зоны, от тундры до полупустыни [Шумилова, 1962 ; Западная Сибирь, 1963 ; Ильина, 1985]. Уникальность Оби и ее отличие от остальных сибирских рек заключается в обширной пойме, которая благодаря равнинному рельефу и заболоченности Западной Сибири может достигать 60 км в поперечнике [Петров, 1979 ; Земцов, 1976, 1988]. Это одна из самых больших (после Амазонской поймы) [Viers et al., 2005 ; Pokrovsky et al., 2016] пойменных территорий в мире. При этом систематические сезонные исследования в ней потоков растворенных веществ (углерод, макро- и микроэлементы) очень незначительны по сравнению с исследованиями других крупных рек. Наши исследования были призваны восполнить недостаток знаний об особенностях биогеохимических процессов в пойме.

Территория Обского бассейна активно заселяется таким видом как речной бобр (*Castor fiber* L.). Бобры своей деятельностью меняют режим проточности водоемов и провоцируют застойные явления [Roulet et al., 1997 ; Zahner, 2001 ; Вомперский, Ерофеев, 2005 ; Завьялов и др., 2005 ; Westbrook et al., 2006 ; Pollock et al., 2007 ; Данилов и др., 2008 ; Мухаметзянов, 2010 ; Константинов, Минина, 2013 ; Завьялов, 2013, 2016 ; Данилов, Федоров, 2015 ; Swinnen et al., 2016 ; Панков, Панкова, 2016 ; McCaffery et al., 2016 ; Puttock et al., 2017 ; St-Pierre et al., 2017 ; Wegener et al., 2017]. Плотины образуют механический

барьер и препятствуют выходу рыбы из нерестовой зоны в основную реку [Осипов, 2011 ; Башинский, Осипов, 2016 ; Попков и др., 2018 ; Popkov et al., 2018 ; Rozhkova-Timina et al., 2018 ; Sommer, 2019]. Доказано [Ford, Naiman, 1988 ; Naiman et al., 1991 ; Yavitt et al., 1992 ; Bubier et al., 1993 ; Roulet et al., 1997 ; Wohl, 2013 ; Рожкова-Тимина и др., 2017 ; Рожкова-Тимина, 2018 ; Rozhkova-Timina et al., 2018 ; Cazzolla Gatti et al., 2018], что плотины способствуют увеличению содержания растворенных диоксида углерода и метана в водоемах в десятки и сотни раз. Это явление подробно изучалось в Северной Америке и некоторых других районах [Ford, Naiman, 1988 ; Naiman et al., 1991 ; Yavitt, 1992 ; Bubier et al., 1993 ; Roulet et al., 1997 ; Wohl, 2013 ; Whitfield et al., 2015 ; Jonston, 2014, 2017 ; Wegener et al., 2017], однако почти не исследовалось в Западной Сибири.

В пойменных водоемах Западной Сибири весьма распространен телорез алоэвидный (*Stratiotes Aloides* L.), чье проективное покрытие может достигать 90 %. Водная растительность активно изучается российскими и зарубежными авторами [Морозова и др., 2001 ; Таран, 2008 ; Ефремов, Свириденко, 2012 ; Василевич, Щукина, 2013 ; Sarragiotto et al., 2014 ; Lopes et al., 2016 ; Phillips et al., 2016 ; Свириденко и др., 2018], но влияние телореза алоэвидного на содержание растворенных газов и химических элементов в водоемах мало исследовано.

Степень разработанности темы исследования.

Западная Сибирь является крупнейшим на земном шаре хранилищем атмосферного углерода и играет важную роль в глобальном цикле углерода и формировании климата [Smith et al., 2004 ; Frey and Smith, 2005 ; Kirpotin et al., 2009]. В западносибирских торфяных болотах хранится 26 % от всего углерода, накопленного наземными экосистемами планеты [Smith et al., 2004 ; Frey and Smith, 2005 ; Kirpotin et al., 2009]. Часть его в растворенном виде может мигрировать в озера и реки или выделяться в атмосферу [Vorobyev et al., 2015 ; Serikova et al., 2018]. Показано [Serikova et al., 2018], что эмиссия CO₂ в реках Западной Сибири в 1,5-2 раза превышает показатели выбросов CO₂, установленных для рек Аляски и Восточной Сибири [Striegl et al., 2012, Denfeld et al., 2013].

Благодаря своим масштабам пойма реки Оби играет огромную роль в формировании региональных и глобальных биогеохимических циклов. Это наиболее пониженная в гипсометрическом отношении часть долины реки, на длительное время затапливаемая полыми водами [Шанцер, 1951]. В этот период меняется химический состав воды и содержание растворенных газов, которые транспортируются с течением реки из мелких каналов и затопленных озер в основной водоток Оби, а затем к океану [Алекин, 1953 ; Савичев, 2010 ; Bustillo et al., 2011 ; Vorobyev et al., 2015 ; Котовщиков и др., 2015 ; Seidel et al., 2016 ; Chen et al., 2017 ; Chupakov et al., 2017 ; Larsen et al., 2017]. Процессы разложения и выщелачивания здесь протекают быстро, а потому период паводка особенно важен [Vorobyev et al., 2015, 2019]. Часть накопившихся и образовавшихся соединений оседает в пойменных водоемах [Cole et al., 2007 ; Bastviken et al., 2004 ; 2011 ; McClelland et al., 2016 ; Jammet et al., 2017].

Возможна эмиссия газов из арктических рек, которые оказывают ощутимое влияние на круговорот веществ [Aurela et al., 2002 ; Vorobyev et al., 2015 ; Chupakov et al., 2017 ; Oleinikova et al., 2018 ; Vorobyev et al., 2019]. Масштаб и характеристики этих процессов практически не изучены. Нельзя исключать, что они имеют решающее значение для определения потенциала наводнений, характера питания рек и экологического баланса в целом [Шепелев и др., 1996, Шепелева, 2019].

Обская пойма исследовалась учеными разных специальностей на протяжении десятилетий. В основном исследования были ориентированы на изучение типологии и динамики ресурсных компонентов: растительность [Дыдина, 1961 ; Вылцан, 1980 ; Шепелева, 1986 ; Гафуров, Скулкин, 1987 ; Семериков и др., 1992 ; Биологические ресурсы..., 1996 ; Лапшина, 2003 ; Таран, 2014, 2018 ; Тюрин, 2018 ; Шепелева, 2019], почвы [Непряхин, 1963 ; Сметанин, 1963 ; Гантимуров и др., 1979 ; Добровольский и др., 1968, 1971, 1984 ; Славнина и др., 1981 ; Афанасьева и др., 1984 ; Славнина, Инишева, 1987 ; Нечаева, 1992 ; Пашнева, Евсеева, 1992 ; Шепелев, Шепелева, 1995 ; Шепелев, Воробьев, 1999 ; Аветов и др., 2008 ; Nechaeva, 2008 ; Izerskaia et al., 2014], гидрология и гидрохимия [Савичев, 2003, 2009 ; Savichev et al., 2015 ; Zemtsov, Savichev, 2015 ; Savichev et al., 2019 ; Vorobyev et al., 2015, 2019]. Однако недостаточно внимания уделялось биогеохимическим особенностям пойменных озер.

При этом пойменные водотоки и озера являются важным звеном в биогеохимических циклах: они накапливают информацию, выступая индикаторами изменений, и дают возможность интегрированной характеристики процессов, происходящих на сопредельных территориях.

Цель и задачи исследования. Целью работы является выявление эколого-биогеохимических особенностей водоемов поймы среднего течения Оби.

Реализация поставленной цели была выполнена посредством решения следующих задач:

1. Охарактеризовать природные условия поймы средней Оби.
2. Выявить особенности содержания растворенных газов, химических элементов, органического и неорганического углерода в пойменных озерах, малых реках и реке Оби.
3. Изучить особенности динамики содержания основных макро- и микроэлементов, растворенных соединений углерода и газов (CO_2 , CH_4 , O_2) пойменных озер в разные сезоны и годы.
4. Установить закономерности пространственного распределения (стратификацию и латеральную неоднородность) растворенных газов и химических элементов в пойменных озерах ; установить зависимость между концентрациями растворенных газов и макро- и микроэлементов озерных вод и морфометрическими характеристиками озера.
5. Изучить влияние деятельности речного бобра как модельного вида на функционирование экосистем и биогеохимические особенности водоемов поймы.

6. Исследовать воздействие эдификаторного вида телореза алоэвидного, играющего ведущую роль в процессах зарастания озер, на биогеохимические особенности пойменных водоемов.

Научная новизна исследования.

Научная новизна работы заключается в выявлении особенностей биогеохимических процессов в водоемах поймы средней Оби и связи биотического круговорота веществ с функционированием водных экосистем поймы.

Впервые были получены количественные данные по содержанию растворенных газов и химических элементов в пойменных водоемах среднего течения р. Оби. Установлено, что эти водоемы содержат большие концентрации растворенного диоксида углерода и метана.

Выявлены закономерности пространственного распределения растворенных газов и химических элементов в пойменных озерах, их годовая и сезонная динамика. Установлено, что наибольших концентраций растворенные в воде парниковые газы достигают в конце периода ледостава.

Впервые проведена оценка деятельности бобров на территории Обского бассейна и дано описание их существенного влияния на содержание растворенных газов и элементный состав в водотоках поймы. Показано, что результаты «инженерной» деятельности бобров способствуют существенному увеличению количества растворенных в воде диоксида углерода и метана и снижению концентраций растворенного кислорода.

Впервые изучено влияние телореза обыкновенного на биогеохимические параметры пойменных озер. Выявлено, что он не оказывает заметного воздействия на газовый состав водоемов, однако вызывает изменения показателя электропроводности и концентраций некоторых макроэлементов.

Теоретическая и практическая значимость.

Полученные сведения расширяют представления о закономерностях биогеохимических процессов в пойме. Впервые выявлены основные особенности газового и элементного состава водоемов в пойме среднего течения Оби.

Исследования средообразующей деятельности бобров достоверно и убедительно показали негативное влияние этого вида на эколого-биогеохимическое состояние водоемов. Оно проявляется в существенном повышении содержания парниковых газов, приводит к заморам, меняет режим проточности водоемов. Полученные данные могут стать основой для пересмотра охотничье-промыслового статуса этого вида, принятия экстренных мер по регулированию его численности и разработки регламентов регулирования численности животного мира.

Количественные параметры содержания и распределения растворенных газов и элементов в воде могут быть учтены при количественном моделировании биогеохимических процессов и циклов, а также при сельскохозяйственном использовании пойменных земель.

Полученные результаты работы могут использоваться как базовые составляющие биогеохимического фона, с которым будут сравниваться

последующие изменения газового и химического состава пойменных водоемов средней Оби, происходящие в условиях меняющегося климата, а также при изменении антропогенной нагрузки на данной территории.

Результаты работы могут также использоваться при разработке лекционных и практических курсов для реализации учебного процесса по подготовке специалистов профильного направления.

Методология и методы исследования. Исследования основаны на комплексном подходе: использовалось сочетание химико-аналитических географо-картографических, инструментальных, статистических методов.

Часть исследований проводилась *in-situ* инструментальным методом. Концентрации растворенного CO₂ и его эмиссии замерялись регистратором данных GM70 Hand-HeldCarbonDioxideMeter, Vaisala®. Электропроводность, pH, растворенный кислород и температура замерялись регистраторами данных WTW Multi 3320 с датчиками WTW TetraCon 325, pH-Electrode SenTix® 41 и CellOx 325, соответственно.

Химико-аналитические методы включали в себя исследования проб на современном оборудовании: растворенный органический и неорганический углерод оценивали при помощи анализатора углерода «Shimadzu TOC VSCN», бактериологическую мутность – спектрометром «Eppendorf BioSpectrometer®», концентрации растворенного метана – на газовом хроматографе «Bruker GC-456» с ионизацией пламени и термальной проводимостью, микроэлементный и анионный состав – методом масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (ICP-MS, Agilent 7500CE) в лаборатории GET (Тулуза, Франция). Обработка данных и графические построения проводились с использованием пакетов программ MS Excel 2010, STATISTICA 7.0.

Положения, выносимые на защиту.

1. Пойменные водоемы среднего течения реки Оби содержат высокие концентрации диоксида углерода и метана в сравнении с другими реками Сибири и Северной Америки, впадающими в Северный Ледовитый океан. Максимальные концентрации парниковых газов достигаются в конце ледостава до начала распада льда.

2. Речной бобр вносит существенный вклад в региональный углеродный цикл. Бобровые плотины являются механическим барьером, который препятствует свободному току воды и провоцирует явление застойности. Застойные явления вызывают повышение концентраций растворенных парниковых газов и снижение (иногда до нуля) концентраций кислорода.

3. Зарастание водоемов приводит к изменению режима электропроводности в сторону увеличения и повышению концентрации ряда макроэлементов (Ca, Na, Sr).

Достоверность результатов обеспечивается большим объемом фактического материала, применением современных аналитических и инструментальных методов исследования, а также использованием статистических методов обработки результатов.

Апробация работы. Материалы работы доложены на Международном конгрессе «UArctic Congress 2016» (Санкт-Петербург, 2016), Международном

семинаре «TMU–TSU Joint International Workshop» (Токио, Япония, 2017), IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы географии и геологии» (Томск, 2017), VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов» (Волгоград, 2018), II Всероссийской конференции «Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития» (Санкт-Петербург, 2018).

Публикации. Положения диссертационной работы опубликованы в 9 печатных работах, в том числе 2 публикации в рецензируемых журналах из Перечня изданий, рекомендованных ВАК (из них 1 статья в зарубежном научном журнале, входящем в базу Web of Science), 4 статьи в сборниках материалов конференций, представленных в издании, входящем в базу Scopus.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 192 страницах, состоит из введения, 6 глав, заключения, списка использованной литературы, включающего 287 источников (из них 147 на иностранном языке), и 8 приложений. Содержит 23 таблицы (из них 10 в приложениях) и 50 рисунков (из них 3 в приложениях).

Благодарности. Автор выражает благодарность своему научному руководителю, доктору биологических наук, профессору С. Н. Кирпотину за оказанное внимание, поддержку и всестороннюю помощь в подготовке диссертационной работы. За консультации, советы и помощь в проведении полевых работ и аналитических исследований автор благодарит кандидата геолого-минералогических наук О. С. Покровского, кандидата биологических наук С. Н. Воробьева, кандидата биологических наук Л. Г. Колесниченко, доктора биологических наук Л. Ф. Шепелеву и других сотрудников Центра превосходства «Био-Клим-Ланд», а также аспиранта А. Г. Лима, студентов Ю. Колесниченко и В. Мухортова.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Степень изученности природных процессов в водно-болотных угодьях

В главе приведен литературный обзор работ, посвященных изучению содержания растворенных газов и химических элементов в пойменных и террасных водоемах, а также обзор исследований влияния деятельности бобра на различные аспекты окружающей среды (ландшафты, флору, фауну, углеродный и азотный цикл, физико-химические параметры).

2. Физико-географическая характеристика района исследования

В главе приводится описание географического положения и климата района исследований, гидрологических и гидрохимических особенностей р. Оби, характеристика ландшафтов, почвенного покрова, растительного и животного мира поймы среднего течения р. Оби.

3. Методология, объекты и методы исследования

Исследования проводились на станции ТГУ «Кайбасово» (N57.246142°, E84.181919°) в Кривошеинском районе Томской области, которая включена в мега-профиль всесезонного эколого-биогеохимического мониторинга Сибири. Объектом исследования стали 12 пойменных озер, 9 малых рек и сама река Обь (рисунок 1).

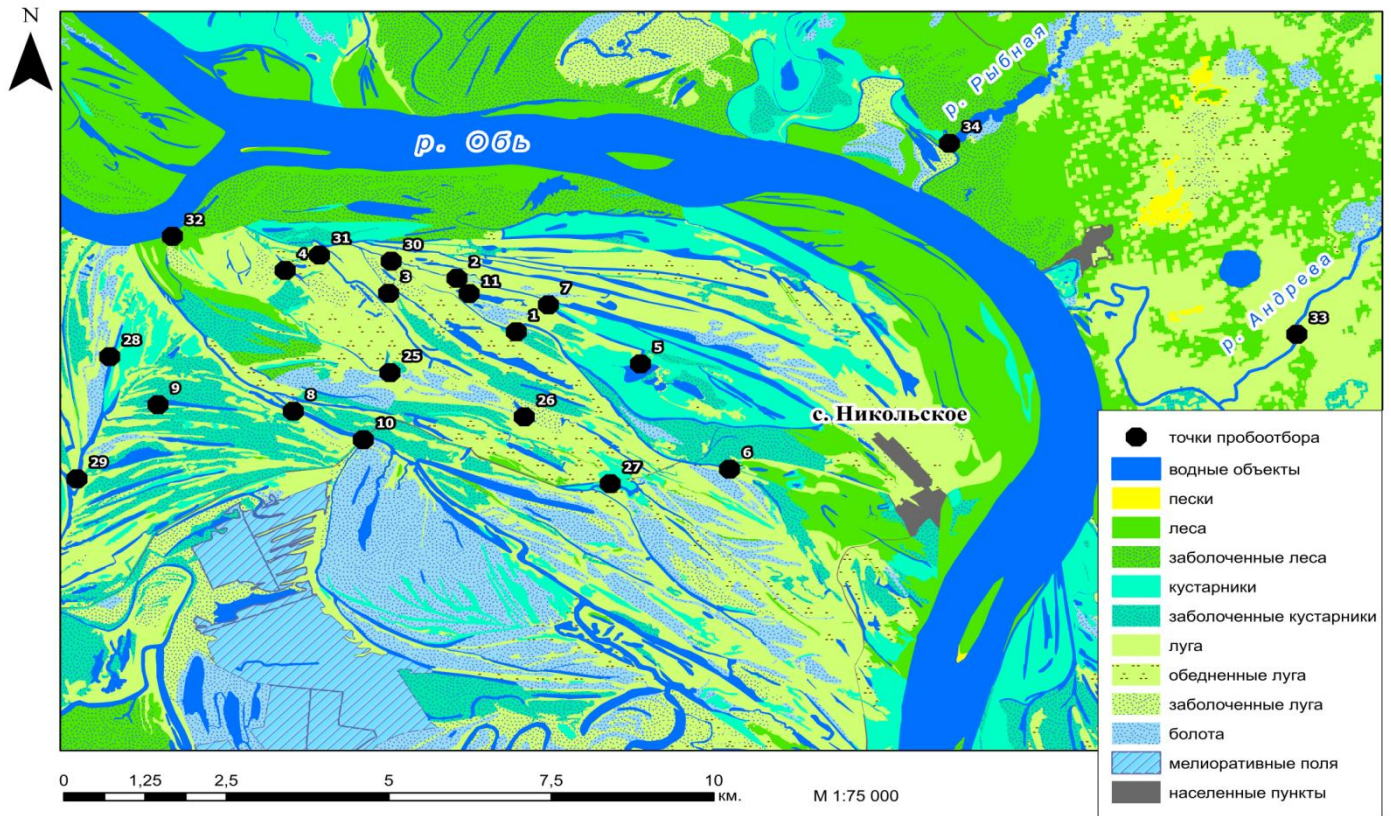


Рисунок 1 – Ландшафтная карта исследуемой территории с отмеченными точками отбора проб

Полевые работы проводились во все сезоны 2016-2019 гг. Стратификационное исследование включало в себя замеры и отбор проб с разных уровней озера при помощи погружного батометра. Замеры производились в эпилимнионе (у поверхности водоема при глубине не более 20 см), в середине и в гипolimнионе (в придонном слое на глубине от 1,4 м до 4 м в зависимости от водоема). Химиико-аналитические исследования проб проводились в лабораториях НИ ТГУ, GET (Тулуза-Франция).

4. Характеристика пространственного и временного распределения физико-химических параметров и газового состава пойменных водоемов

4.1. Сравнительный анализ биогеохимических показателей в пойменных озерах, малых реках и реке Обь

Пойменные водоемы – особая экосистема, играющая значительную роль в круговороте углерода. Площадь пойменных водоемов средней Оби составляет до 7 процентов от площади поймы в меженный период. Содержание растворенных газов и углерода различается в озерах, малых реках и Оби (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика средних значений газового состава озер, малых рек и Оби в летний период

	Озера	Малые реки	Обь
рН	$7,29 \pm 0,55$	$7,74 \pm 0,95$	$8,57 \pm 0,27$
ЭП, мкСм/см	$211,5 \pm 68,51$	$267,11 \pm 241,56$	$221 \pm 16,67$
O ₂ , мг/л	$3,73 \pm 3,51$	$2,65 \pm 1,37$	$5,75 \pm 2,34$
CO ₂ , ppm	$5438,82 \pm 2649,58$	$10451,71 \pm 7414,64$	$607 \pm 229,3$
CH ₄ , ммоль/л	$10,97 \pm 16,4$	$1,47 \pm 1,2$	$0,76 \pm 0,32$
РНУ, мг/л	$21,92 \pm 8,3$	$33,59 \pm 7,55$	$19,67 \pm 1,58$
РОУ, мг/л	$12,2 \pm 5,9$	$9,76 \pm 2,98$	$2,98 \pm 0,16$
Примечание: ЭП – электропроводность			

Средние концентрации растворенных соединений углерода в Оби значительно меньше, чем в озерах. В малых реках содержание CO₂ и растворенного неорганического углерода (РНУ) выше, чем в озерах, а содержание CH₄ и растворенного органического углерода (РОУ) ниже, чем в озерах. Для кислорода наблюдается обратное распределение. При весеннем половодье различие содержания растворенных газов, органического и неорганического углерода в водоемах разных типов статистически не значимо.

4.2. Характеристика сезонной динамики газового состава и физико-химических параметров пойменных озер

Концентрации растворенных парниковых газов в воде повышаются в течение зимнего периода (медианные значения CO₂ и CH₄ 9207 ppm и 48,4 ммоль/л соответственно). Напротив, концентрации растворенного O₂ снижаются до 1 мг/л и ниже, что приводит к заморности водоемов. В период весеннего паводка содержание растворенных CO₂ и CH₄ минимально и составляет 1700 ppm и 0,26 ммоль/л соответственно; концентрация растворенного O₂ повышается до 3,2 мг/л. В летнее время из-за активных процессов жизнедеятельности и дыхания живых организмов, а также их комбинации с процессом фотосинтеза, концентрации всех растворенных газов увеличиваются (медианные значения O₂, CO₂ и CH₄ составляют 4,1 мг/л, 4330 ppm и 6,2 мг/л соответственно). Осенью при снижении активности живых

организмов содержание растворенного O_2 увеличивается (6,1 мг/л), а растворенных CO_2 (1760 ppm) и CH_4 (0,67 ммоль/л) - уменьшаются. Во время весеннего половодья происходят активные процессы перемешивания. За счет этого различия физико-химических параметров и содержания растворенных веществ менее заметны. Вода пойменных озер в любой сезон года не насыщена кислородом. Это свидетельствует [Хатчинсон, 1969] о развитых биохимических процессах в озерах и высокой биологической активности поймы. Концентрации растворенных O_2 и CO_2 имеют сложную обратную взаимозависимость, что особенно ярко проявляется при отсутствии фотосинтеза в зимний период.

При стратификационном исследовании озер поймы Оби замеры и отбор проб проводились в трех слоях водной толщи. Данные представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Стратификационные изменения физико-химических параметров и концентраций растворенных газов (среднее значение $\pm$ стандартное отклонение)

	Слой	t, °C	pH	ЭП, мкСм/см	O_2 , мг/л	CO_2 , ppm	CH_4 , ммоль/л	ГК, мг/л
Лето	Эпилимнион	23,74 $\pm$ 1,29	7,29 $\pm$ 0,22	136,2 $\pm$ 64,34	6,07 $\pm$ 0,72	4173,66 $\pm$ 3093,93	126 $\pm$ 299,2	0,01 $\pm$ 0,01
	Металимнион	21,37 $\pm$ 1,85	6,8 $\pm$ 0,34	126,47 $\pm$ 44,74	1,12 $\pm$ 0,24	9643,33 $\pm$ 5483,41	65,73 $\pm$ 137,32	0,03 $\pm$ 0,006
	Гиполимнион	18,7 $\pm$ 3,68	7,03 $\pm$ 0,18	182,37 $\pm$ 99,95	0,28 $\pm$ 0,12	8187,0 $\pm$ 4813,03	257,4 $\pm$ 297,77	0,03 $\pm$ 0,02
Осень	Эпилимнион	3,48 $\pm$ 2,1	7,78 $\pm$ 0,25	155,94 $\pm$ 76,04	10,43 $\pm$ 1,78	1485,33 $\pm$ 320,64	0,41 $\pm$ 0,39	0,01 $\pm$ 0,00
	Металимнион	3,5 $\pm$ 0,4	7,65 $\pm$ 0,19	123,0 $\pm$ 50,52	9,6 $\pm$ 0,78	1220,0 $\pm$ 363,21	17,79 $\pm$ 24,97	0,03 $\pm$ 0,025
	Гиполимнион	3,49 $\pm$ 0,54	7,75 $\pm$ 0,19	149,22 $\pm$ 75,79	8,67 $\pm$ 1,48	1766,25 $\pm$ 543,24	0,82 $\pm$ 1,05	0,01 $\pm$ 0,01
Зима	Эпилимнион	0,23 $\pm$ 0,126	8,63 $\pm$ 0,39	234 $\pm$ 80,34	0,00 $\pm$ 0,00	9145 $\pm$ 1742,58	123,63 $\pm$ 94,75	-
	Металимнион	1,77 $\pm$ 0,55	8,66 $\pm$ 0,21	261,4 $\pm$ 101,22	0,00 $\pm$ 0,00	10604,0 $\pm$ 1771,16	197,51 $\pm$ 149,267	-
	Гиполимнион	2,85 $\pm$ 0,55	8,3 $\pm$ 0,19	289,75 $\pm$ 88,45	0,00 $\pm$ 0,00	12638 $\pm$ 1320,44	1397 $\pm$ 923,32	-
Весна	Эпилимнион	12,8 $\pm$ 3,21	7,49 $\pm$ 0,11	142,3 $\pm$ 56,61	9,56 $\pm$ 0,92	4120,5 $\pm$ 1433,01	13,27 $\pm$ 16,99	-
	Металимнион	12,3 $\pm$ 3,0	7,48 $\pm$ 0,11	141,88 $\pm$ 55,49	6,78 $\pm$ 1,77	4396,25 $\pm$ 1819,84	9,41 $\pm$ 16,76	-
	Гиполимнион	11,1 $\pm$ 5,52	7,14 $\pm$ 0,32	155,0 $\pm$ 44,0	2,57 $\pm$ 2,71	10206,67 $\pm$ 4006,51	38,85 $\pm$ 35,99	-

Примечание: ЭП – электропроводность

По результатам стратификационных исследований можно отметить, что летом при активных процессах дыхания и фотосинтеза наблюдается прямая термическая стратификация (температура воды у поверхности выше, чем у дна). Осенью устанавливается осенняя гомотермия, благоприятствующая

процессу перемешивания. Зимой температура воды на дне озера выше, чем у поверхности. Растворенный кислород статистически значительно различается у поверхности и у дна летом, осенью и весной, имея более низкие придонные концентрации, при этом зимой в водоемах наблюдался серьезный дефицит кислорода во всей водной толще. Растворенный CO_2 всегда содержится в гипolimнионе в более высоких концентрациях, чем у поверхности. Причиной этого, также как и придонного дефицита O_2 , служат бактериальная диссимилиация и окислительные процессы в трофолитическом слое [Хатчинсон, 1969 ; Широкова и др., 2015 ; Котовщиков и др., 2015 ; Hartland et al., 2015 ; Но et al., 2019]. Концентрации метана не стратифицируются летом и осенью.

Зимой более теплый придонный слой воды является местом обитания рыб и других живых организмов, что является причиной повышения концентраций растворенных CO_2 и CH_4 . Весной идет активное перемешивание с богатыми кислородом тальными и паводковыми водами, в результате чего поверхностный слой получает приток кислорода.

Отметим, что река Обь также характеризуется неоднородным содержанием растворенных CO_2 и O_2 в течение года (самая низкая концентрация CO_2 наблюдается летом, самая высокая зимой). Наибольшее увеличение концентрации растворенного CO_2 начинается в период замерзания и достигает максимума в декабре-январе. Концентрация кислорода имеет отрицательную корреляцию с концентрацией углекислого газа. Однако зимой эта закономерность нарушается, т. к. лед и снежный покров препятствуют проникновению солнечного света и прекращают процессы фотосинтеза (рисунок 2).

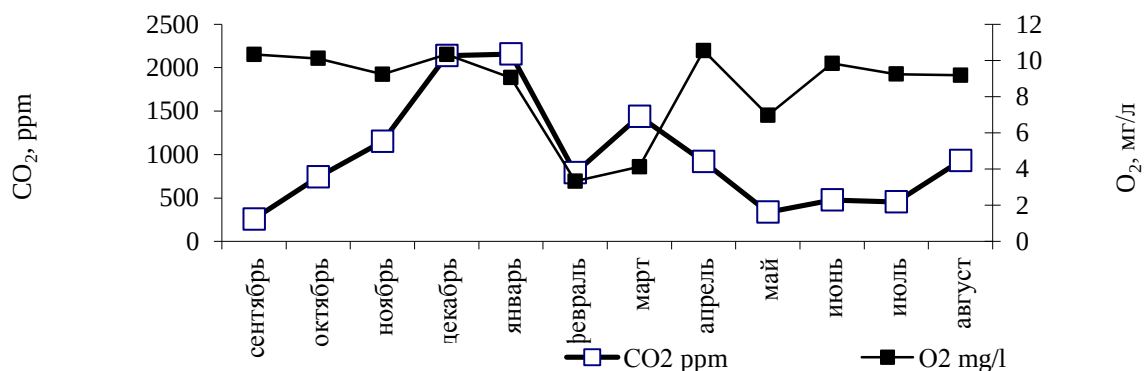


Рисунок 2 – Годовая динамика CO_2 и O_2 [Rozhkova-Timina et al., 2018b]

При этом суточная динамика O_2 и CO_2 не зависит от процессов фотосинтеза; вполне вероятно, что неоднородность потоков воды оказывает более существенное влияние на содержание CO_2 (рисунок 3).

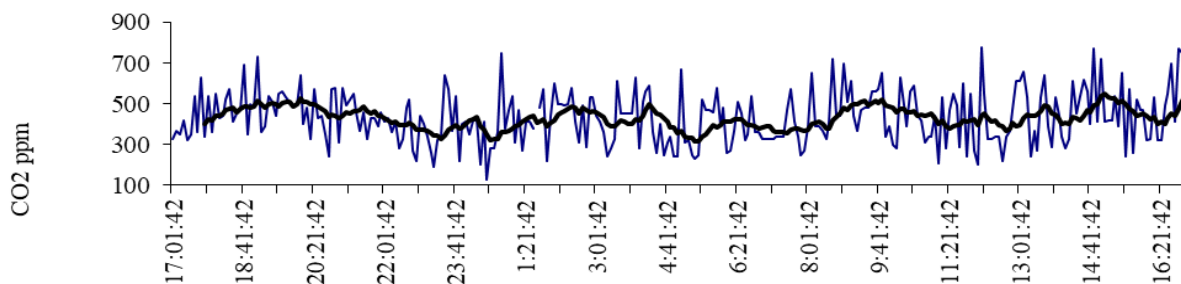


Рисунок 3 – Суточная динамика растворенного CO₂ в июне 2017 г. Черная линия показывает усредненное значение [Rozhkova-Timina et al., 2018b]

4.3. Характеристика межгодовых изменений параметров пойменных озер

Межгодовые различия концентраций растворенных газов и физико-химических параметров были получены при сравнении данных разных лет отдельно в каждом сезоне (таблица 3).

Таблица 3 – Физико-химические параметры и концентрации растворенных веществ в разные годы по сезонам

Сезон	Год	Температура воды, °C	pH	ЭП, мкСм/см	O ₂ , мг/л	CO ₂ , ppm	CH ₄ , ммоль/л	RHУ, мг/л	POУ, мг/л
Весеннее половодье	2016	11,2 ± 0,58	7,7 ± 0,34	176 ± 48	3,52 ± 0,22	2656 ± 2180	-	-	-
	2017	9,53 ± 0,5	7,3 ± 0,79	185 ± 26	3,14 ± 0,46	1906 ± 1052	0,34 ± 0,3	-	-
	2018	7 ± 0,96	7,8 ± 0,58	172 ± 61	5,78 ± 3,15	4461 ± 6548	-	-	-
Летняя межень	2016	22,48 ± 2,53	7,7 ± 0,42	228 ± 63	2,14 ± 1,58	6090 ± 3218	8,79 ± 13,4	25,48 ± 7,75	8,71 ± 2,89
	2017	22,34 ± 1,14	6,82 ± 0,18	135,5 ± 29	5,52 ± 4,29	4706 ± 1748	13,43 ± 19,92	16,13 ± 6	17,93 ± 7,37
	2018	23,78 ± 1,27	7,28 ± 0,22	134,65 ± 63,13	6,07 ± 0,72	4504 ± 2984	45,24 ± 80,74	-	-
Осенний период	2016	3,51 ± 0,71	7,7 ± 0,17	212,7 ± 96,68	4,6 ± 2,16	2864 ± 1935	7,32 ± 15,03	18,69	8,72
	2017	7,2 ± 1,07	-	209,1 ± 143,5	-	5368 ± 1932	0,67 ± 0,18	24,97 ± 15,36	11,04 ± 4,41
	2018	3,36 ± 0,7	7,7 ± 0,22	369 ± 328	8,16 ± 4	3387 ± 3166	3,68 ± 10,7	-	-
Зимняя межень	2016/2017	0,1 ± 0,11	6,81 ± 1,17	226,5 ± 152,4	1,16 ± 1,05	10789 ± 5235	125,84 ± 203,25	-	-
	2018/2019	0,2 ± 0,13	8,6 ± 0,39	234,4 ± 80,3	0	9145,75 ± 1742,58	123,63 ± 94,75	-	-

Примечание: ЭП – электропроводность, «-» - данные отсутствуют

Биогеохимические особенности пойменных водоемов тесно связаны с погодными условиями в конкретный период. При схожих условиях в один и тот же сезон разных лет наблюдаются близкие значения физико-химических параметров и концентраций растворенных газов; меньше всего межгодовые различия проявляются в конце зимы.

4.4. Характеристика пойменных озер в контексте морфометрических показателей

В данном разделе рассматривается зависимость параметров pH, электропроводности и концентраций газов в поверхностном слое водоема от площади (в летний период) и глубины (во все сезоны).

При увеличении площади водоема увеличивается концентрация метана и снижается концентрация органического вещества, что подтверждается статистически.

Увеличение глубины водоема в различные сезоны может по-разному влиять на физико-химические параметры и содержание растворенных газов. В летнюю межень была продемонстрирована и статистически подтверждена обратная связь между глубиной и показателем pH. В осенний период наблюдалась положительная связь для концентраций растворенного O_2 и отрицательная - для растворенного CO_2 . Во время зимней межени было заметно снижение содержания метана по мере увеличения глубины озера. При весеннем половодье физико-химические параметры и концентрации растворенных газов не показали зависимости от глубины водоема.

Таким образом, физико-химические характеристики и содержание растворенных газов за изучаемый период в целом зависят от объема воды в пойменных водоемах, хотя в разные сезоны этому влиянию подвержены разные параметры.

5. Характеристика пространственного и временного распределения макро- и микроэлементного состава пойменных водоемов

Элементный состав также является немаловажной характеристикой водоема. Наиболее распространенным химическим элементом в водах озер поймы средней Оби является кальций. По усредненному содержанию химические элементы в пойменных озерах располагаются в следующем порядке: $Ca > Na > Mg > Si > K > Fe > Sr > Mn > B > Ba > P > Al > Zn > Li > Rb > As > Ni > Cs > Cu > Cr > Ti > V > Pb > Co > Mo > U > Sb > Ce > Y > Zr > La > Nd > Cd > Te > Ga > Be > Sn > Sm > Tl > Gd > Pr > Ge > Dy > Th > Er > W > Yb > Eu > Hf > Nb > Ho > Tb > Tm > Lu > Ta$.

5.1. Сравнительная характеристика элементного состава пойменных озер, малых рек и реки Обь

В весеннее половодье и летнюю межень 2017 г. были проведены исследования элементного состава пойменных малых рек Казырбак, Иштахта и Собачья. В разделе сравниваются концентрации химических элементов в озерах, малых реках и Оби. В летнее время содержание Li, Mg, Al, Si, Cr, As,

Rb, Ga, Ge, Y, Zr, Nb, Cd, Sb, Te, Hf, Tl, Th не имеет существенной разницы в разных типах водоемов. Концентрации Mn, Fe, Co близки в озерах и малых реках и ниже в Оби. Содержание Na, Ca, Ba, Ni, B, Sr в малых реках значительно отличается от их содержания в Оби и пойменных озерах. Концентрации Zn и Ti значительно различаются во всех типах водоемов.

При весеннем половодье содержание химических элементов в Оби, пойменных ручьях и озерах различается незначительно.

5.2. Сезонная и межгодовая динамика концентрации химических элементов в пойменных водоемах

Содержание макро- и микроэлементов в воде пойменных озер меняется в течение года: изменению концентраций подвержены Si, K, Cr, Fe, Cu, Pb, P в весеннее половодье (рисунок 4); Al, Ca, Ba, Zn, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, La в летнюю межень (рисунок 5); Na, Al, Ca, K, V, Cr, Mn, Fe, Co, Cu, As, Rb, Pb, U в осенний период (рисунок 6). Внутрисезонная летняя динамика при сравнении данных июля и августа 2017 не выявила статистически значимых различий для всех элементов, кроме Cs, P, V.

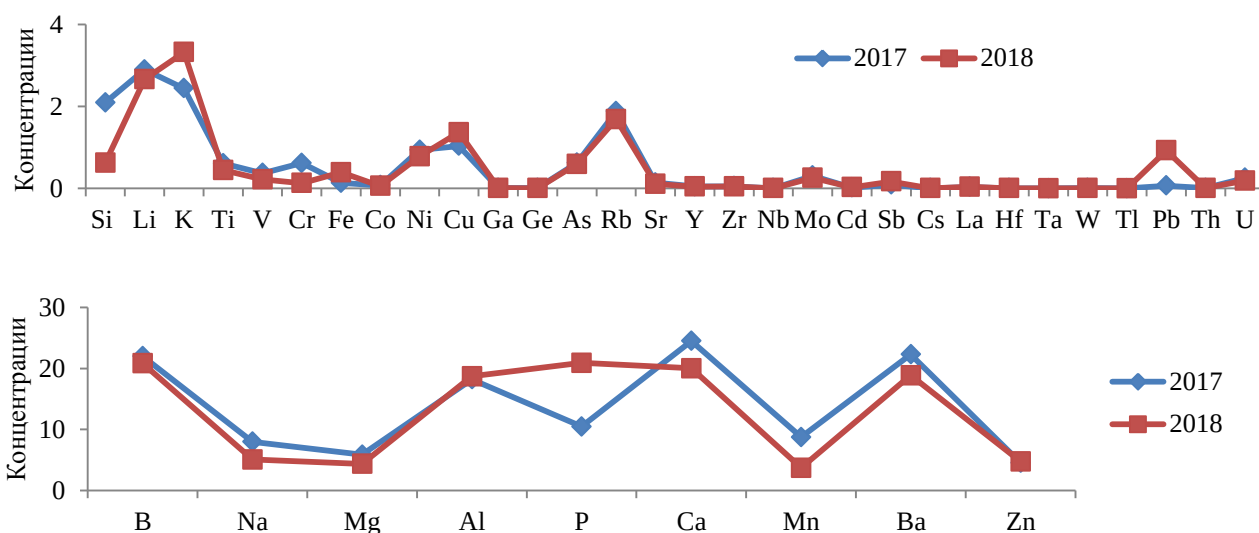
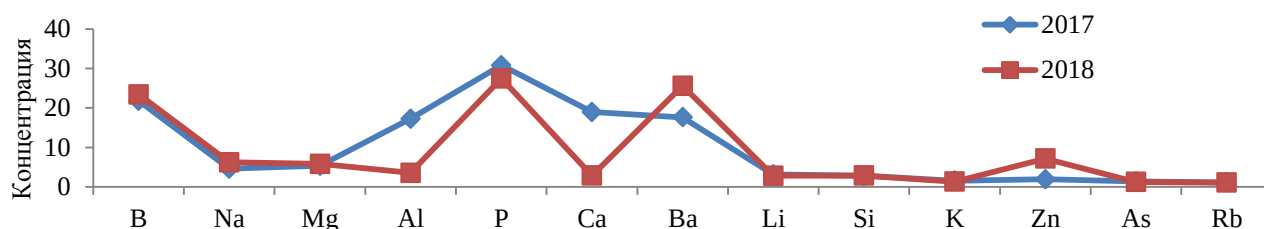


Рисунок 4 – Сравнение концентраций макро- и микроэлементов разных лет в весеннее половодье¹



¹ Примечание: здесь и далее в главе 5 концентрации Na, Mg, Ca, Si, K, Fe, Sr, Mn представлены в мг/л; остальное – в мкг/л.

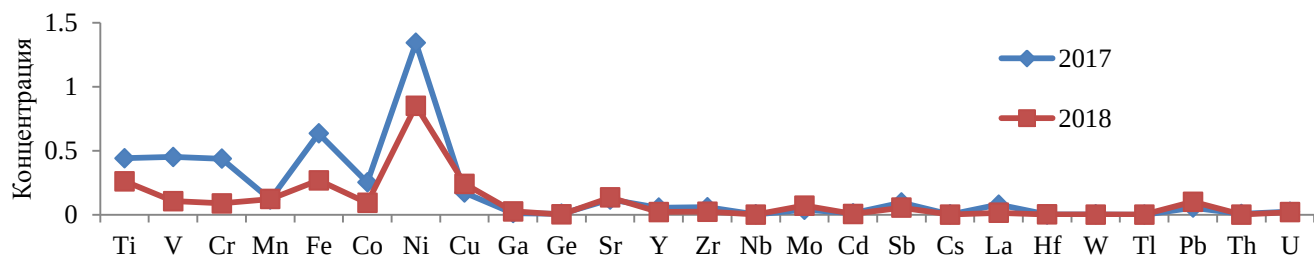


Рисунок 5 – Сравнение концентраций макро- и микроэлементов разных лет за летний период.

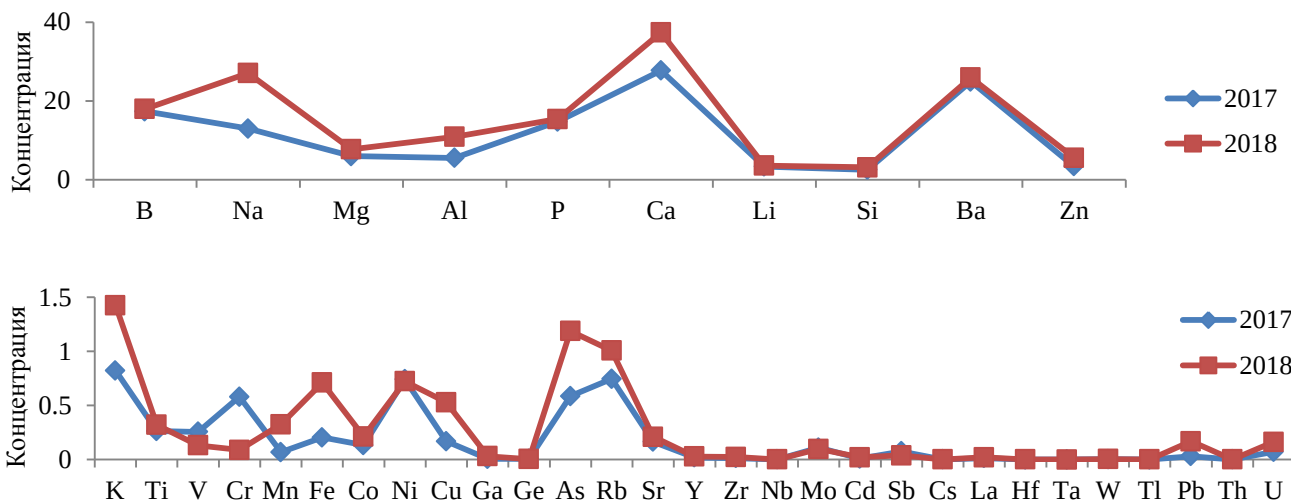


Рисунок 6 – Сравнение концентраций макро- и микроэлементов разных лет в осенний период

Стратификации оказались подвержены многие микроэлементы (Be, Al, K, V, Mn, Co, Zn, Ge, Rb, Y, Nb, La, Pb). Для большинства макроэлементов эта закономерность не выявляется, за исключением калия, концентрация которого летом была выше в гипolimнионе. В придонном слое отдельных озер (Карасевое) установлено повышение количества Ca, Mg, Na, Si в летнее время. В летний период стратификация химических элементов выражена более четко, чем осенью, что связано с осенним перемешиванием.

5.3. Характеристика зависимости распределения химических элементов от морфометрических параметров пойменных озер

В данном разделе рассматривается зависимость концентраций элементов в поверхностном слое водоема от площади и глубины. Установлено, что концентрации макро- и микроэлементов не зависят от площади озер и от их глубины в летний период. В осенний период при корреляционном анализе была получена отрицательная зависимость от глубины концентраций Ba. Таким образом, за период исследований элементный состав водоема не был связан с объемом воды в нем.

6. Влияние биотических факторов на свойства и состав водоемов поймы средней Оби

Биогеохимические особенности пойменных водоемов напрямую зависят от воздействия различных факторов. Основным биотическим фактором является жизнедеятельность растений и животных. В качестве модельных объектов для исследования были выбраны речной бобр *Castor fiber* L. и телорез обыкновенный *Stratiotes Aloides* L.

6.1. Роль жизнедеятельности речного бобра в накоплении, эмиссии и отложениях углерода

Речной бобр является «инженерным видом» и своей деятельностью значительно меняет свойства пойменных экосистем. Сравнение биогеохимических параметров в подпруженных и неподпруженных пойменных водоемах представлено в таблице 4 (выделены статистически значимые показатели).

Таблица 4 – Значения биогеохимических параметров и их значимость при $p < 0,05$. **Полужирным шрифтом** выделены значимые различия

Параметр	Подпруженный водоем Средн. $\pm$ ст. откл.	Неподпруженный водоем Средн. $\pm$ ст. откл.	Значение U	p
CO ₂ раств, ppm	8484 $\pm$ 1965,93	2506 $\pm$ 1572,52	0	0,005963
CO ₂ эмиссия, ммоль/м ² * с	646 $\pm$ 123,81	712 $\pm$ 347,74	10	0,337587
CH ₄ , ммоль/л	15,16 $\pm$ 15,54	0,76 $\pm$ 0,19	0	0,006093
РНУ, ppm	27,5 $\pm$ 9,74	22,28 $\pm$ 4,01	6	0,105038
РОУ, ppm	10,35 $\pm$ 2,24	5,89 $\pm$ 2,66	2	0,018357
Углерод (донные отложения)	4,30 $\pm$ 2,63	2,76 $\pm$ 2,14	14	0,003497
O ₂ раств, мг/л	1,01 $\pm$ 1,03	3,76 $\pm$ 0,74	0	0,006093
БПК ₅ , мг/л	0,1 $\pm$ 0,26	0,45 $\pm$ 0,2	0	0,006093
t, °C	20,48 $\pm$ 1,11	24,76 $\pm$ 0,8	0	0,005834
pH	7,39 $\pm$ 0,25	8,3 $\pm$ 0,51	0	0,006093
Электропроводность, мкСм/см	229,94 $\pm$ 78,68	232,5 $\pm$ 38,48	10	0,338052
OD600, нм	0,02 $\pm$ 0,01	0,08 $\pm$ 0,06	11	0,417266

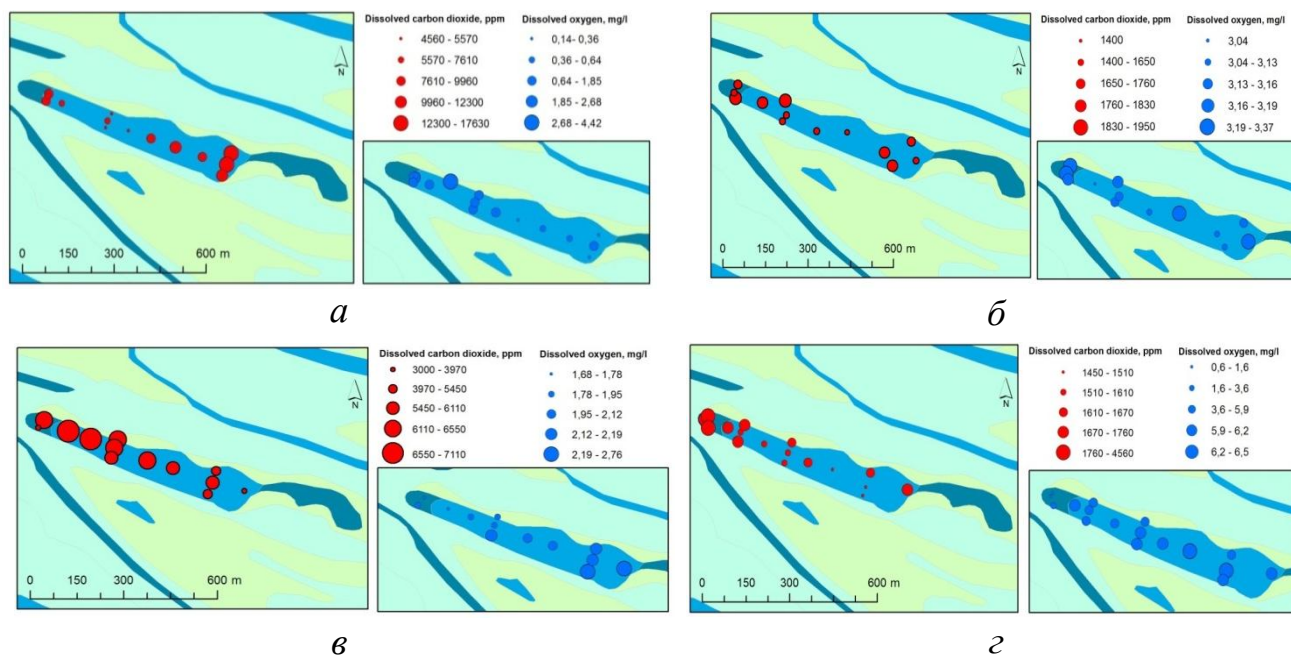
Бобры, создавая плотины, увеличивают количество метана и диоксида углерода, выбрасываемых в атмосферу и выступают своего рода катализаторами углеродного цикла в пойме среднего течения Оби, содействуя

накоплению или эмиссии органических и неорганических соединений углерода в водотоках или пойменных озерах, потере кислорода, изменению температурного режима. Также деятельность бобров способствует накоплению Li, Be, Na, Ca, Mg, Cr, Mn, Co, Ni, Cu, Ga, As, Sr, Y, Nb, Mo, Ba, W, U в подпруженных водоемах.

6.2. Влияние водной растительности на газовый и элементный состав пойменных озёр

Телорез алоэвидный *Stratiotes Aloides* L. очень распространен в пойменных озерах Обского бассейна: его проективное покрытие может достигать 90 %. Он не оказывает существенного влияния на содержание растворенных газов, однако влияет на содержание некоторых химических элементов (Na, Ca, Sr), повышение концентрации которых, в свою очередь приводит к увеличению электропроводности водоема. Однако при сравнении разных частей озера (с покрытием телорезом и без него) эта закономерность выражена слабо.

Латеральная неоднородность растворенных газов в пойменном озере связана с периодом вегетации водной растительности. Концентрации растворенных газов имеют статистически незначимые различия в центре и у берегов озера во время зимней межени, весеннего половодья и летней межени (рисунок 7). Осенью концентрации растворенных O_2 и CO_2 статистически значимо различаются, при этом кислорода больше в центре озера, а CO_2 – у берегов. На рисунке красным цветом показаны концентрации CO_2 , синим – O_2 .



а – зимняя межень; б – весеннее половодье;

в – летняя межень; з – осенний период

Рисунок 7 – Распределение растворенных CO_2 и O_2 в озере Инкином [Rozhkova-Timina et al., 2019]

В разные сезоны эти концентрации имеют различные численные значения и распределение в озере. Концентрации растворенных CO_2 и O_2 наиболее сильно варьируют в зимний период, а весной разброс значений минимален. Это связано с активным перемешиванием воды в пойменных водоемах после начала снеготаяния и отсутствием ветрового перемешивания в подледный период.

Заключение

В результате проведенных исследований были сделаны следующие выводы:

1. Пойменные водоемы – особая экосистема, играющая значительную роль в круговороте углерода. Площадь пойменных водоемов средней Оби составляет до 7 процентов от площади поймы в меженный период.

2. В целом концентрации растворенных CO_2 (5438,8 ppm) и органического углерода (12,2 ppm) в пойменных озерах значительно выше, чем в Оби, но ниже, чем в малых реках. Концентрации CH_4 (10,97) и РНУ (33,59) снижаются в ряду пойменные озера – малые реки – р. Обь. Для кислорода наблюдается обратное распределение. В период весеннего половодья различие содержания растворенных газов в водоемах и водотоках разных типов статистически не значимо.

3. Свойства газовой фазы вод пойменных озер крайне динамичны. Максимальное содержание растворенных CO_2 и CH_4 наблюдается в зимний период (медианное значение 9207 ppm и 48,4 ммоль/л соответственно), в это же время выявлено минимальное содержание растворенного кислорода. Во время весеннего половодья количество растворенных CO_2 и CH_4 минимально (медианные концентрации 1700 ppm и 0,26 ммоль/л), содержание растворенного кислорода возрастает (3,2 мг/л). Максимальное медианное содержание O_2 (6,1 мг/л) отмечено осенью.

4. Установлено, что средняя глубина водоема оказывает прямое влияние на концентрацию растворенного O_2 и обратное – на концентрации растворенных CO_2 , CH_4 . В гипolimнии пойменных озер содержание растворенных CO_2 и CH_4 значимо выше, чем в эпилимнии, а растворенного кислорода – ниже.

5. По усредненному содержанию химические элементы в пойменных озерах располагаются в следующем порядке: $\text{Ca} > \text{Na} > \text{Mg} > \text{Si} > \text{K} > \text{Fe} > \text{Sr} > \text{Mn} > \text{B} > \text{Ba} > \text{P} > \text{Al} > \text{Zn} > \text{Li} > \text{Rb} > \text{As} > \text{Ni} > \text{Cs} > \text{Cu} > \text{Cr} > \text{Ti} > \text{V} > \text{Pb} > \text{Co} > \text{Mo} > \text{U} > \text{Sb} > \text{Ce} > \text{Y} > \text{Zr} > \text{La} > \text{Nd} > \text{Cd} > \text{Te} > \text{Ga} > \text{Be} > \text{Sn} > \text{Sm} > \text{Tl} > \text{Gd} > \text{Pr} > \text{Ge} > \text{Dy} > \text{Th} > \text{Er} > \text{W} > \text{Yb} > \text{Eu} > \text{Hf} > \text{Nb} > \text{Ho} > \text{Tb} > \text{Tm} > \text{Lu} > \text{Ta}$. Концентрации B, Na, Ca, Ba, Ni, Sr, Zn, Ti в озерах значимо отличаются от их концентраций в Оби и малых реках. Концентрации Mn, Fe, Co близки в озерах и малых реках и ниже в Оби. При весеннем половодье различие содержания химических элементов в водоемах разных типов статистически не значимо.

6. Содержание макро- и микроэлементов в воде пойменных озер меняется в течение года. Многие микроэлементы (Be, Al, K, V, Mn, Co, Zn, Ge, Rb, Y, Nb, La, Pb) подвержены стратификации. Для большинства макроэлементов эта закономерность не выявлена, за исключением калия, концентрация которого

летом выше в гипolimнионе. Стратификация химических элементов в летний период выражена ярче, чем в осенний.

7. Речной бобр *Castor fiber* L. своей деятельностью способствует накоплению в подпруженных водоемах органических и неорганических соединений углерода, и таких элементов, как Na, Mg, Ca, Li, Be, Si, P, Ti, Mn, Co, Ni, Cu, Ge, As, Rb, Sr, Mo, Ba, W, U; потере кислорода, изменению температурного режима. Этот «инженерный вид» существенно меняет свойства экосистем озера.

8. Латеральная неоднородность растворенных газов в пойменном озере связана с влиянием водной растительности. Концентрации растворенных газов имеют сходные значения в центре озера и у его берегов во время зимней межени, весеннего половодья и летней межени. Осенью концентрации растворенных O₂ и CO₂ статистически значимо различаются, при этом кислорода больше в центре озера (в среднем 6,2 мг/л против 4,5 мг/л у берегов), а CO₂ – у берегов (в среднем 1760 ppm против 1500 ppm в центре). В озерах, где присутствует телорез, статистически значимо выше показатель электропроводности и концентрации растворенных Na, Ca, Sr.

Публикации по теме диссертации

Статьи в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Rozhkova-Timina I. O.** The relevance of the contemporary landscape-ecological and biogeochemical studies of the Ob floodplain / I. O. Rozhkova-Timina, V. A. Zemtsov, S. N. Vorobyev, L. G. Kolesnichenko, S. V. Loyko, S. N. Kirpotin // Вестник Томского государственного университета. Биология. – 2016. – № 3 (35). – С. 182–200. – DOI: 10.17223/19988591/35/11. – 1,5 / 0,25 а.л.

2. Cazzolla Gatti R. The role of Eurasian beaver (*Castor fiber*) in the storage, emission and deposition of carbon in lakes and rivers of the River Ob flood plain, western Siberia / R. Cazzolla Gatti, T. V. Callaghan, **I. Rozhkova-Timina**, A. Dudko, A. Lim, S. N. Vorobyev, S. N. Kirpotin, O. S. Pokrovsky // Science of the Total Environment. – 2018. – Is. 644. – P. 1371–1379. – DOI: 10.1016/j.scitotenv.2018.07.042. – 1 / 0,12 а.л. (Web of Science)

Статьи в сборниках материалов конференций, представленных в издании, входящем в Scopus:

3. **Rozhkova-Timina I. O.** Beavers as ecosystem engineers – A review of their positive and negative effects [Electronic resource] / I. O. Rozhkova-Timina, V. K. Popkov, P. J. Mitchell, S. N. Kirpotin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 201, is. 1 : 6th International Conference Dedicated to the 125th Anniversary of the Birth of Rostislav Sergeevich Ilyin: Reflections of Bio-, Geo- and Anthroposheric Interactions in Soils and Soil Cover 2016. Tomsk, Russian Federation, September 11–16, 2016. – Article number 012015. – 11 p. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/201/1/012015/pdf> (access date: 23.08.2019). – DOI: 10.1088/1755-1315/201/1/012015. – 1,35 / 0,34 а.л.

4. **Rozhkova-Timina I. O.** Features of measuring dynamic biochemical parameters in the middle Ob [Electronic resource] / I. O. Rozhkova-Timina, R. S. Vorobyev, Y. Y. Kolesnichenko, O. S. Pokrovsky, S. N. Kirpotin, S. N. Vorobyev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 201, is. 1 : 6th International Conference Dedicated to the 125th Anniversary of the Birth of Rostislav Sergeevich Ilyin: Reflections of Bio-, Geo- and Anthroposheric Interactions in Soils and Soil Cover 2016. Tomsk, Russian Federation, September 11–16, 2016. – Article number 012017. – 5 p. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/201/1/012017/pdf> (access date: 23.08.2019). – DOI: 10.1088/1755-1315/201/1/012017. – 0,25 / 0,01 а.л.

5. Kolesnichenko L. G. Elemental chemical composition of some meadow plants in the Middle Ob basin [Electronic resource] / L. G. Kolesnichenko, L. F. Shepeleva, E. S. Rabtsevich, E. A. Ledeneva, M. S. Teslinova, **I. O. Rozhkova-Timina**, S. N. Kirpotin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2018. – Vol. 201, is. 1 : 6th International Conference Dedicated to the 125th Anniversary of the Birth of Rostislav Sergeevich Ilyin: Reflections of Bio-, Geo- and Anthroposheric Interactions in Soils and Soil Cover 2016. Tomsk, Russian Federation, September 11–16, 2016. – Article number 012009. – 8 p. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/201/1/012009/pdf> (access date: 23.08.2019). – DOI: 10.1088/1755-1315/201/1/012009. – 0,53 / 0,08 а.л.

6. **Rozhkova-Timina I. O.** Contribution of floodplain lakes to the global carbon cycle [Electronic resource] / I. O. Rozhkova-Timina, L. G. Kolesnichenko, V. V. Mukhortov, L. F. Shepeleva, S. N. Vorobyev, S. N. Kirpotin // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2019. – Vol. 232, is. 1 : 5th International Summer School for Students and Young Scientists on Natural and Human Environment of Arctic and Alpine Areas: Relief, Soils, Permafrost, Glaciers, Biota Life Style of Native Ethnic Groups in a Rapidly Changing Climate. Tomsk, Aktru, Russian Federation, July 07–21, 2018. – Article number 012011. – 5 p. – URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/232/1/012011/pdf> (access date: 23.08.2019). – DOI: 10.1088/1755-1315/232/1/012011. – 0,35 / 0,06 а.л.

Статьи в сборниках материалов конференций:

7. **Рожкова-Тимина И. О.** Влияние бобровых плотин на содержание углерода в водоемах поймы среднего течения р. Оби / И. О. Рожкова-Тимина, А. А. Дудко, В. В. Мухортов // Современные проблемы географии и геологии: к 100-летию открытия естественного отделения в Томском государственном университете : материалы IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Томск, 16–19 октября 2017 г. – Томск, 2017. – Т. II. – С. 110–113. – 0,35 / 0,12 а.л.

8. **Рожкова-Тимина И. О.** Влияние деятельности бобров на пойменные водоемы среднего течения р. Обь / И. О. Рожкова-Тимина // Изучение, сохранение и восстановление естественных ландшафтов : сборник статей VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Волгоград, 08–12 октября 2018 г. – Москва, 2018. – С. 99–104. – 0,3 а.л.

9. **Рожкова-Тимина И. О.** Особенности газового режима в пойменных водоемах среднего течения р. Оби / И. О. Рожкова-Тимина //

Гидрометеорология и экология: достижения и перспективы развития : труды II Всероссийской конференции имени Л. Н. Карлина. Санкт-Петербург, 19–20 декабря 2018 г. – Санкт-Петербург, 2018. – С. 555–557. – 0,3 а.л.

Издание подготовлено в авторской редакции.
Отпечатано на участке цифровой печати
Издательского Дома Томского государственного университета
Заказ № 4011 от «03» октября 2019 г. Тираж 100 экз.
г. Томск Московский тр.8 тел. 53-15-28