



Экология,
природопользование
и ресурсы Урала



2020 № 3 (3)

Экология, природопользование и ресурсы Урала

№3 (3), 2020

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций как сетевое издание, номер свидетельства: ЭЛ № ФС 77-70509 (25.07.2017). Территория распространения: Российская федерация и зарубежные страны. Выходит 4 раза в год. Статьи рецензируются.

Тематика и направления:

Биологические и минеральные ресурсы

Функционирование экосистем и экологический мониторинг

Биоразнообразие и продуктивность экосистем

Животноводство, рыбоводство, растениеводство

Рациональное природопользование

Урболандшафты

Редакционная коллегия: Корляков К. А. (к.б.н), Нохрин Д. Ю. (к.б.н), Меркер В. В. (к.б.н), Двинин Д. Ю. (к.э.н.), Ходоровская Н. И. (к.т.н.) Мусатов В. А. (к.г.н.), Брюханов Д. С. (к.с-х.н.) Блинов И. А. (к.г-м.н.).

Место издания:

Россия, г. Челябинск

Адрес редакции:

ecology_ural@mail.ru

При перепечатке ссылка на журнал обязательна

Содержание

<i>Корляков К. А., Корлякова Е.М.</i> Содержание углекислого газа в городе Челябинске	4
<i>Карпещук Е. В., Сергеева Е.Д.</i> Видовое разнообразие зоопланктона карьеров Челябинского городского бора	11
<i>Степанов В.В., Рудакова Т.М., Пауков А.Г., Маркова Л.М.</i> Исследование эпилитной лишено- и бриофлоры Челябинского городского бора для оценки уровня загрязнения в нем	23
<i>Корляков К.А., Мухлынина М.С.</i> Биогазовая характеристика воды и донных отложений высокоминерализованных озер юга Челябинской области	39
<i>Корляков К.А., Храмцова В.В.</i> Эмбриогенез чира (<i>Coregonus nasus</i>) собранного в низовьях реки Обь и инкубированного в искусственных условиях Южного Зауралья	52
<i>Деева Е.С.</i> Гидрохимические особенности малых водоемов города Челябинска	59

УДК 551.510.411.2

ББК 26.237

КОНЦЕНТРАЦИЯ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА В ГОРОДЕ ЧЕЛЯБИНСКЕ

К.А. Корляков, Е.М. Корлякова

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия.

Исследовано содержание диоксида и оксида углерода в приземном слое атмосферы города Челябинска. Концентрация углекислого газа за период исследований 2020-2021 гг. колебалась в пределах 450-520 ppm. Установлено, что наибольшие концентрации углекислого газа приурочены к крупным дорогам и проспектам. Наибольшие концентрации углекислого газа выявлены в зданиях города (1500-2500 ppm). Оксид углерода имел повышенные концентрации внутри транспорта (2-2.5 ppm). Превышений ПДК по оксиду углерода не выявлено.

Ключевые слова: Челябинск, углекислый газ, концентрация, ppm.

Введение

Челябинск относится к группе одних из самых загрязненных городов миллионников, в котором помимо автотранспорта функционирует тяжелая промышленность (Доклад об экологической..., 2019). Отсутствие метрополитена способствует увеличению нагрузки на транспортную систему. К тому же расположение города в пониженном рельефе способствует застаиванию парниковых газов в периоды неблагоприятных метеорологических условий. В то же время в городе Челябинске плановых измерений концентрации углекислоты не проводилось, тем более на различных районах города. Вместе с тем, концентрация углекислоты ежегодно растет (Rutgersson, Astrom, 2009; Биненко, Шевчук, 2013; Смирнов, Сон, 2020;).

Материал и методика

Исследования проводились в 2020-2021 годах на территории Челябинского городского округа, включающего районы за пределами городской черты. Всего сделано 40 замеров в различных районах города. Замеры производились около Шершневого водохранилища, в Челябинском

городском бору, скверах, на основных проспектах, во дворах жилых домов. А также внутри автотранспорта, трамваев, торговых центров, подземных переходов, муниципальных учреждений и квартирах жилых домов. Для определения концентрации CO_2 и CO использовался газоанализатор Testo-315-3. Величины концентрации газов определялись в миллионных долях – ppm. Оксид углерода и метан определялись, как сопутствующие газы. Карта распределения углекислого газа на территории города Челябинска построена с использованием версии программы AutoCAD 2017.

Результаты исследования

Как показывают различные методы исследования, распределение углекислого газа в нижних слоях толщи атмосферы и поверхностном слое почвы варьирует незначительно (Кашин, Арефьев, Каменоградский, Семенов, Синяков, 2007; Можарова, Кулачкова, Лебедь-Шарлевич, 2018). Распределение углекислого газа на территории города выглядело следующим образом (рис. 1).

Минимальные концентрации составляющие 450 ppm были зафиксированы на окраинах города (рис. 2). Так на берегу Шершневского водохранилища со стороны Челябинского городского бора концентрация составила 450-460 ppm. В самом Челябинском городском бору – 470-480 ppm. На дороге в бору от плотины и моста Шершневского водохранилища концентрация углекислого газа составляла 510-520 ppm. На этой же дороге при выезде из Челябинского городского бора в жилые кварталы концентрация углекислого газа составляла 510 ppm. В сквере Колющенко – 480 ppm.

Около 1 корпуса Челябинского государственного университета по ул. Братьев Кашириных концентрация CO_2 составила 460-470 ppm. Внутри частных секторов Советского района концентрация составляла 460-470 ppm, а вдоль дороги Троицкий тракт – 500 ppm. Внутри жилых кварталов Металлургического района 460-480 ppm.

Наибольшие концентрации CO_2 были зафиксированы на улице Кирова рядом с Теплотехническим институтом – 510-550 ppm. Причем, по этой же улице ниже в направлении центра города, но в отсутствии автомобилей на Кировке концентрации была значительно ниже – 450-470 ppm. Следует отметить, что на улице Кирова вблизи Теплотехнического института, где были зафиксированы максимальные концентрации углекислого газа (CO_2) на

открытом воздухе, также были зарегистрированы и максимальные величины оксида углерода (CO), которые составили 1-1.5 ppm.

В пешеходных переходах на площади Революции концентрация CO₂ составила 480 ppm, а в торговом комплексе Никитинский – 1200-1500 ppm. Внутри трамваев концентрация CO₂ составляла 1000-1700 ppm, а концентрация CO – 1.5-2 ppm.

Концентрация CO₂ на выходе из выхлопной трубы автомобиля варьировала в пределах 3000-8000 ppm. Выбросы CO из выхлопных труб автомобилей были в пределах нормы и составляли 16-41 ppm. Внутри некоторых легковых автомобилей концентрация CO доходила до 2.5 ppm, а концентрация CO₂ – 600-800 ppm. Важно отметить, что концентрация метана в воздухе выходящем из выхлопных труб заведенных легковых автомобилей составила 0.8-1.6%.

В непроветриваемых квартирах и нежилых помещениях концентрация CO₂ может достигать 1500-2500 ppm и даже более, в зависимости от наполненности помещения людьми. Летом при открытых окнах и проветривании помещений концентрация углекислого газа опускается до 600-800 ppm, но в помещениях концентрация углекислого газа всегда была выше, чем на улицах города, даже по сравнению с самыми наполненными автотранспортом дорогами.

В отдалении от города на природном ландшафте – в полях и лесах, а также в более, чем 100 километровой расстоянии от Челябинска – санатории Урал концентрация CO₂ составила 440 ppm. Эту концентрацию можно считать фоновой для природных ландшафтов Южного Урала в 2020 году.

Мировая статистика на 2020 год давала концентрацию углекислого газа в среднем 420 ppm (Смирнов, Соң, 2020; <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>), в Челябинской области внутри Евразийского континента минимальная концентрация согласно нашим прямым измерениям составила 440 ppm. Это может объясняться тем, что Южный Урал находится глубоко внутри континента, в отличие от всех мониторинговых точек, фиксирующих концентрацию CO₂ находящихся на береговых линиях материков. Известно, что концентрация углекислоты в воде больше и вблизи водоемов концентрация углекислоты в воздухе падает, что подтверждают и наши исследования. Например, около Шершневого водохранилища концентрация падает до 450 ppm. Тогда как на других граничных территориях города Челябинска в отсутствии водоемов, концентрация падает менее значительно.

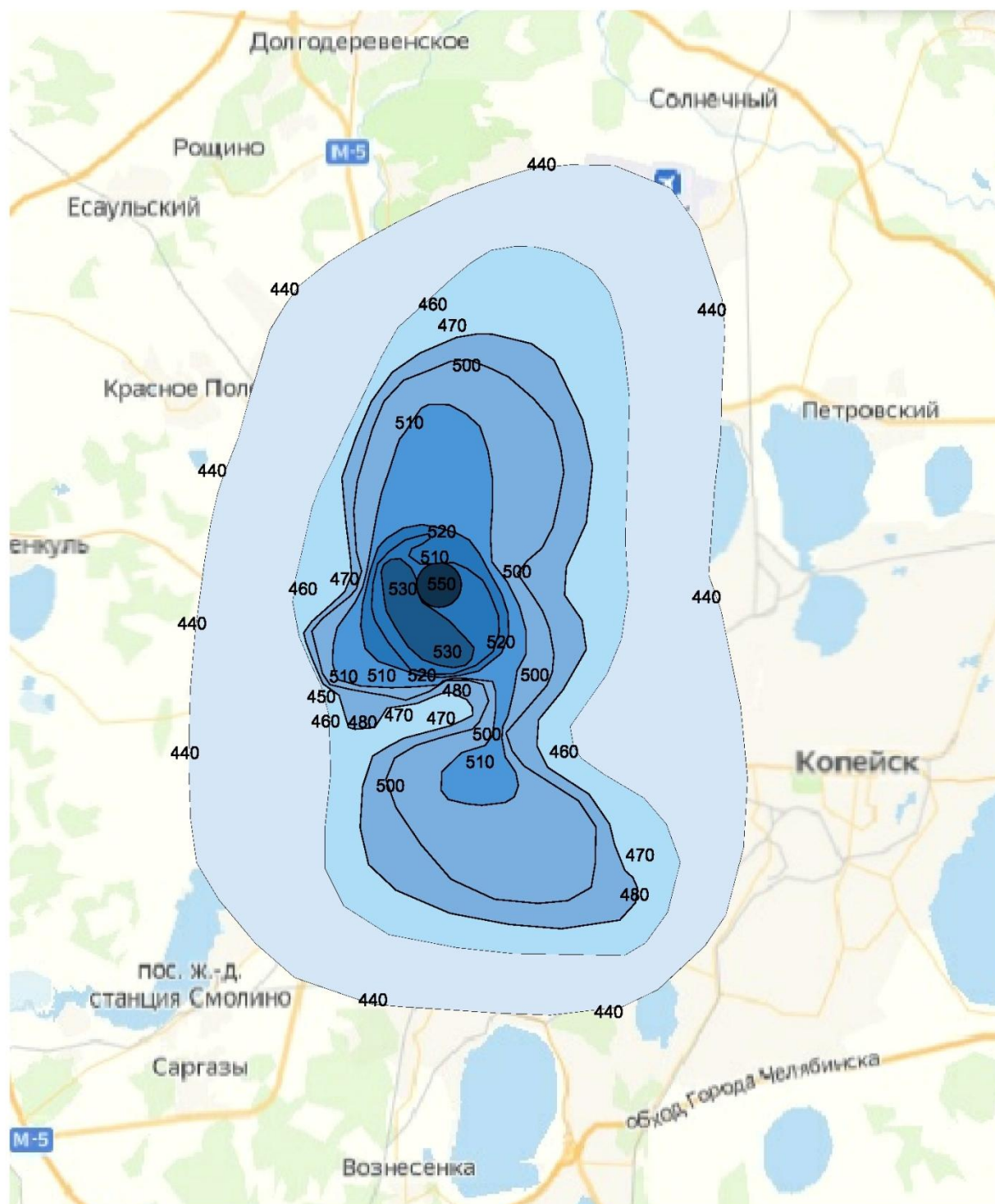


Рис. 1. Карта распределения концентраций углекислого газа в Челябинском городском округе.

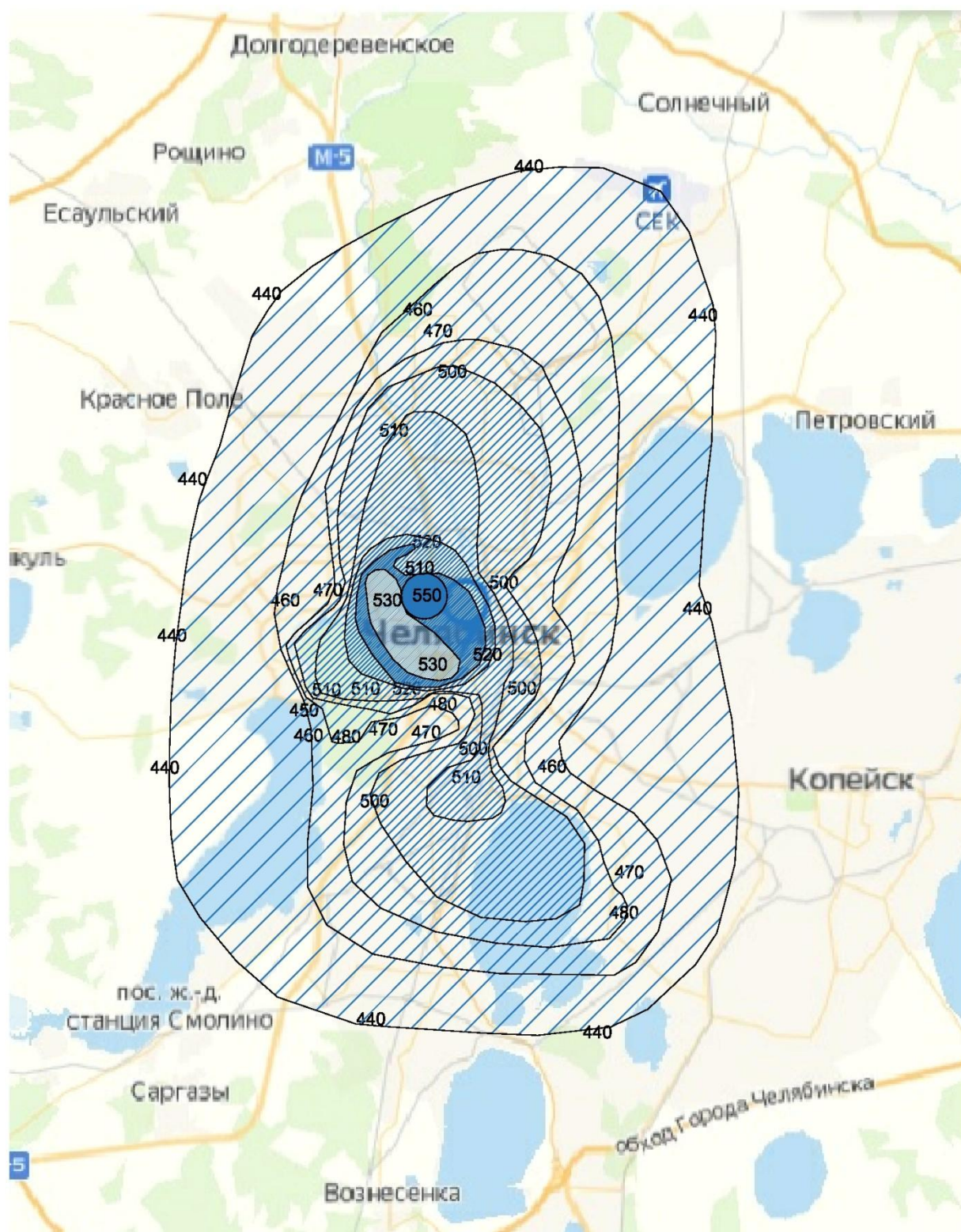


Рис. 2. Карта распределения концентраций углекислого газа со штриховкой для визуального районирования города Челябинска.

ВЫВОДЫ

1. Концентрация углекислого газа в городе Челябинске варьирует в пределах 450-520 ppm, наибольшая концентрация выявлена у проспектов и загруженных автотранспортом дорог.
2. Концентрации в помещениях и автотранспорте в два и более раз превышают концентрации в открытом воздухе, достигая более 2000 ppm. В транспорте наблюдаются повышенные концентрации монооксида углерода. Но превышений ПДК при этом не выявлено.
3. Концентрация углекислоты снижается у береговой полосы водоемов и Челябинском городском бору, но превышает на 10 единиц ppm фоновую концентрацию в отдалении города.
4. Фоновая концентрация CO₂ за пределами города Челябинска по итогам 2020 года составила 440 ppm. Превышение этого показателя на 20 единиц ppm средней по Миру концентрации (420 ppm) можно объяснить внутриконтинентальной и региональной спецификой.

Список литературы

1. Биненко В.И. Региональный мониторинг концентрации парниковых газов на основе наземных и спутниковых измерений / В.И. Биненко, Н.О. Шевчук // Региональная экология – 2013. – № 1-2 (34). – С. 119-129.
2. Доклад об экологической ситуации в Челябинской области в 2019 году. Министерство экологии Челябинской области. Челябинск, 2020.
3. Кашин Ф.В., Арефьев В.Н., Каменоградский Н.Е., Семенов В.К., Синяков В.П. Содержание углекислого газа в толще атмосферы центральной части Евразии (станция мониторинга «Иссык-куль») / Ф.В. Кашин, В.Н. Арефьев, Н.Е. Каменоградский, В.К. Семенов, В.П. Синяков // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2007. – Т. 43., № 4. – С. 521-530.
4. Можарова Н.В. Эмиссия и поглощение парниковых газов в почвах Москвы / Н.В. Можарова, С.А. Кулачкова, Я.И. Лебедь-Шарлевич // Почвоведение. – 2018. – № 3. – С. 372-384.
5. Смирнов Б.М. Роль углекислого газа в тепловом балансе Земли / Б.М. Смирнов, Э.Е. Сон // Известия РАН. Энергетика. – 2020 – № 2. – С. 16-27.
6. Rutgersson A. Atmospheric CO₂ variation over the Baltic Sea and The impact on air-sea change / A. Rutgersson, M. Norman, G. Astrom // Bor. Env. Res. – 2009. – 14. – P. 238-249.
7. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>

THE CONCENTRATION OF CARBON DIOXIDE IN THE CITY OF CHELYABINSK

K. A. Korlyakov, E. M. Korlyakova
Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

The content of carbon dioxide and carbon monoxide in the surface layer of the atmosphere of the city of Chelyabinsk is studied. The concentration of carbon dioxide for the study period 2020-2021 ranged from 450-520 ppm. It was found that the highest concentrations of carbon dioxide are confined to major roads and avenues. The highest concentrations of carbon dioxide were found in the buildings of the city (1500-2500 ppm). Carbon monoxide had elevated concentrations within the transport (2-2.5 ppm). No excess of the MPC for carbon monoxide was detected.

Key words: Chelyabinsk, carbon dioxide, concentration, ppm.

Reference

1. Binenko V.I. Regional monitoring of greenhouse gas concentrations based on ground-based and satellite measurements / V.I. Binenko, N.O. Shevchuk // *Regional ecology*– 2013. – № 1-2 (34). – P. 119-129.
2. Report on the environmental situation in the Chelyabinsk region in 2019. Ministry of Ecology of the Chelyabinsk Region. Chelyabinsk, 2020.
3. Kashin F.V., Arefyev V.N., Kamenogradsky N.E., Semenov V.K., Sinyakov V.P. The content of carbon dioxide in the atmosphere of the central part of Eurasia (Issyk-Kul monitoring station) / F.V. Kashin, V.N. Arefyev, N.E. Kamenogradsky, V.K. Semenov, V.P. Sinyakov // *Izvestiya RAS. Physics of the atmosphere and oken.* – 2007. – T. 43., No. 4. – P. 521-530.
4. Mozharova N. V. Emission and absorption of greenhouse gases in the soils of Moscow / N.V. Mozharova, S.A. Kulachkova, Ya.I. Lebed-Sharlevich // *Pochvovedenie.* – 2018. – No. 3. – P. 372-384.
5. Smirnov B.M. The role of carbon dioxide in the thermal balance of the Earth / B.M. Smirnov, E.E. Son // *Izvestiya RAS. Energy.* – 2020. – No. 2. – P. 16-27.
6. Rutgersson A. At-mospheric CO₂ variation over the Baltic Sea and The impact on air-sea change / A. Rutgersson, M. Norman, G. Astrom // *Bor. Env. Res.* – 2009. – 14. – P. 238-249.
7. <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/mlo.html>

УДК 574.5
ББК 28.082

ВИДОВОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЗООПЛАНКТОНА КАРЬЕРОВ ЧЕЛЯБИНСКОГО ГОРОДСКОГО БОРА

Е.В. Карпещук, Е.Д. Сергеева

МАОУ “СОШ № 21 г. Челябинска”, Челябинск, Россия

С помощью гидробиологических и статистических методов рассмотрено видовое разнообразие зоопланктона карьеров Челябинского (городского) бора. Определен доминирующий комплекс видов для каждого исследованного водоёма. Наибольшим видовым разнообразием и выравненностью характеризуется зоопланктоценозы Изумрудного и Студенческого карьеров.

Ключевые слова: зоопланктон, видовое разнообразие, карьеры, ООПТ.

Введение

Челябинский (городской) бор — памятник природы Челябинской области, расположенный в черте города Челябинска, имеющий особо важное средозащитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое, оздоровительное и рекреационное значение [16].

Реликтовая экосистема Челябинского (городского) бора, сформировавшаяся на рубеже верхнего плейстоцена и голоцена, представляет собой совокупность уникальных сочетаний флоры и фауны, климата и рельефа, а также гидрографической сетью представленной рекой Миасс и Шерешевским водохранилищем, озерами, образовавшимися в бывших каменоломнях, речкой Чекиной (Челябкой).

Челябинский (городской) бор богат водоёмами, имеющими техногенное происхождение. Его изучением занимались такие ученые как И.М. Крашенинников, А.Д. Сысоев, В.П. Самарин [14]. Большинство исследований посвящено изучению и описанию растительного и животного мира, между тем водоемы, входящие в состав Челябинского (городского) бора, мало изучены. Зоопланктон – важнейшая часть водных экосистем, от функционирования которой зависит качество водной среды. Тем не менее работ, посвященных изучению планктонных сообществ подвергающихся рекреационной нагрузке карьеров, практически нет [1].

Таким образом, важность рассматриваемой проблемы, ее недостаточная теоретическая и практическая разработанность обусловили выбор цели данного исследования - изучение видового разнообразия зоопланктона карьеров Челябинского городского бора.

Материалы и методы исследования

Отбор проб осуществлялся в период с 30 мая по 7 июня 2020 года на трех карьерах: Каменный (Студенческий), Изумрудный, Голубой.

Карта-схема расположения рабочих станций показана на рисунке 1. Количество станций зависело от размеров карьера и его формы. Глубина на станциях варьировала от 2 до 4,5 м на Изумрудном карьере, от 3,5 до 13 м на Голубом карьере и от 2,5 до 6 м - на Студенческом карьере. Наибольшую глубину среди всех карьеров имел Голубой карьер (13 м).

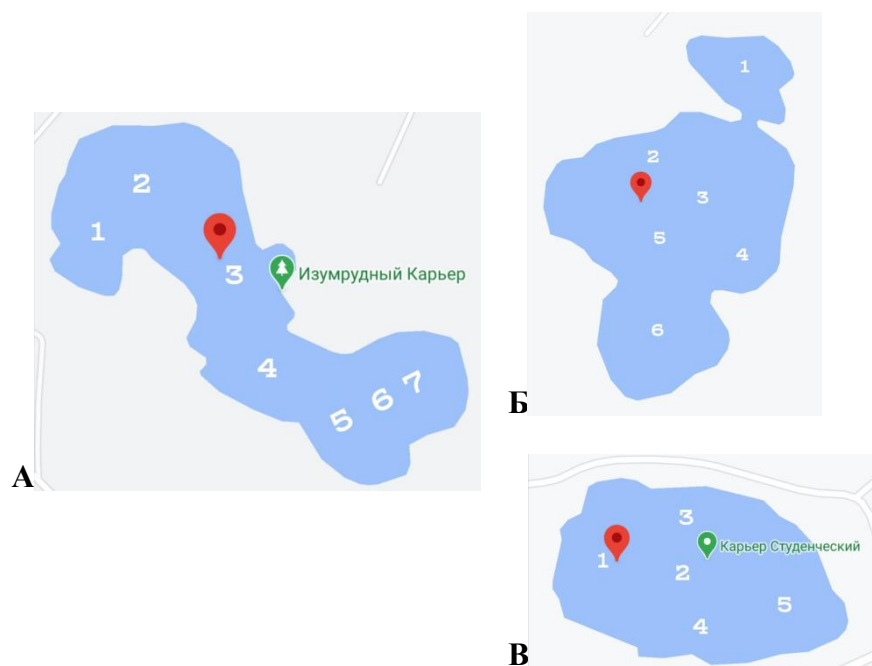


Рис.1. Положение станций отбора проб: А- Изумрудный карьер, Б - Голубой карьер, В - Студенческий карьер

Отбор проб производился в дневное время с 9:00 до 13:00 часов стандартной количественной сетью Джели (диаметр верхнего кольца 18 см., нижнего - 24 см., фильтрующий материал - газ 64). Облавливался весь столб воды. Ход сети зависел от глубины и насыщенности пробы после первого отбора [1].

В результате проведенных исследований было отобрано и обработано 18 количественных проб, из них на Изумрудном карьере - 7 проб, на Голубом карьере - 6 проб и на Каменном (Студенческом) карьере - 5. Параллельно отбору проб определяли прозрачность воды, а также отбирали пробы на гидрохимический анализ и пробы фитопланктона. В данной работе последние пробы не рассматриваются.

Пробы фиксировались 4% - ным раствором формалина. Определение видового состава, оценка численности и биомассы проводилась в камеральных условиях. При камеральной обработке весь объем пробы просматривался под микроскопом Микромед МС-1. Визуально выделялись объекты, относящиеся к разным видам, их систематическую принадлежность

определяли под микроскопом Биомед - 2. Для определения зоопланктонных организмов использовались соответствующие определители [3, 8, 11 – 13]. При этом использовался стандартный счетный метод [4, 5].

Для сравнения видового разнообразия обследованных гидробиоценозов, а также выравнимости видов в рамках сообщества рассчитывали ряд индексов [2]: индекс Серенсена - Чекановского, индекс разнообразия К. Шеннона - У. Уивера, индекс разнообразия К. Гайни - Е.Симпсона, индекс выравнимости Пиелу.

Для характеристики зоопланктонного сообщества также использовалась балльная шкала обилия. Число баллов k устанавливалось в соответствии с правилом Стургера, которое выведено эмпирически для определения числа классов в зависимости от объема выборки [9].

Роль видов в сообществе и соотношение их между собой внутри зоопланктоценозов оценивали по индексу плотности D , использованному ранее М.Л. Пидгайко [10].

Ранжирование видов осуществлялось в соответствии с величиной индекса плотности от большего показателя к меньшему. Структуру изображали в виде столбчатых диаграмм. Верхней границей шкалы служил теоретически возможный максимум плотности – значение корня квадратного из биомассы всего сообщества. Значение теоретического максимума делилось на определенное по шкале Стургера число баллов k для получения k интервалов плотности. Было получено четыре интервала плотности. Попавшие в верхний интервал виды носили название доминантов, в следующий – субдоминантов, в третий – характерных (массовых), в четвертый – обычных либо редких (в зависимости от выраженности). Тем самым выявлялась пространственная структура сообщества, так как величина индекса плотности показывает какую долю пространства (объема) занимает популяция каждого вида.

Результаты и их обсуждение

Видовой состав гидробионтов, обнаруженных в результате разбора проб зоопланктона представлен в таблице 1. Средняя численность на станции составила порядка 14 тыс.экз/м³ для Изумрудного карьера, 11,5 тыс.экз/м³ для Студенческого карьера и 5 тыс.экз/м³ - для Голубого карьера.

Наибольшим количеством видов отличаются 2 карьера - Изумрудный и Голубой (16 видов). В Студенческом карьере 14 видов. 11 видов из данного списка встречаются во всех исследуемых карьерах. Коэффициент Серенсена-Чекановского для исследуемых водоёмов варьирует в диапазоне 0,42 – 0,46.

Таблица № 1. Видовой состав зоопланктона исследуемых водоемов

<i>Изумрудный карьер</i>	<i>Голубой карьер</i>	<i>Студенческий карьер</i>
CLADOCERA		

<p><i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862) <i>D. galeata</i> (Sars, 1854) <i>Chydorus sphaericus</i> (O.F.Muller, 1785) <i>Ceriodaphnia quadrangula</i> (O.F.Muller, 1785) <i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)</p>	<p><i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862) <i>D. galeata</i> (Sars, 1854) <i>Ceriodaphnia quadragula</i> (O.F.Muller, 1785) <i>Bosmina coregoni</i> cf. <i>kessleri</i> (Uljanin, 1874) <i>Diaphanosoma brachiurum</i> (Lievin, 1848) <i>Polyphemus pediculus</i> (Linneus, 1778)</p>	<p><i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862) <i>D. galeata</i> (Sars, 1854) <i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844) <i>Ceriodaphnia quadragula</i> (O.F.Muller, 1785) <i>Bosmina longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)</p>
COPEPODA		
<p><i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863) <i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851) <i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer, 1851) <i>Cop</i> <i>Nauplii</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)</p>	<p><i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857) <i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863) <i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851) <i>Cop</i> <i>Nauplii</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)</p>	<p><i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863) <i>Cyclops strenuus</i> (Fischer, 1851) <i>Cop</i> <i>Nauplii</i> <i>Eudiaptomus graciloides</i> (Lilljeborg, 1888)</p>
ROTIFERA		
<p><i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850) <i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786) <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879) <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) <i>Polyarthra</i> sp. (Ehrenberg, 1834) <i>Conochilus</i> sp. (Ehrenberg, 1834)</p>	<p><i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850) <i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786) <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) <i>Polyarthra</i> sp. (Ehrenberg, 1834) <i>Conochilus</i> sp. (Ehrenberg, 1834)</p>	<p><i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850) <i>Keratella quadrata</i> (Muller, 1786) <i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851) <i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879) <i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834) <i>Conochilus</i> sp. (Ehrenberg, 1834)</p>

Коэффициенты видового разнообразия и выравненности для обследованных водоемов приведены в таблице 2. Индексы видового разнообразия Шеннона и Симпсона по своему численному выражению близки касательно всех трех карьеров. Индекс Шеннона тем выше, чем выше общее число видов, и чем выше доля тех из них, которые представлены значительным числом образцов. Индекс Шеннона для карьеров укладывается в диапазон 3,11 - 3,65. Индекс Симпсона тем больше, чем сильнее доминирование одного или нескольких видов. Индекс Симпсона укладывается в диапазон 0,09 - 0,18.

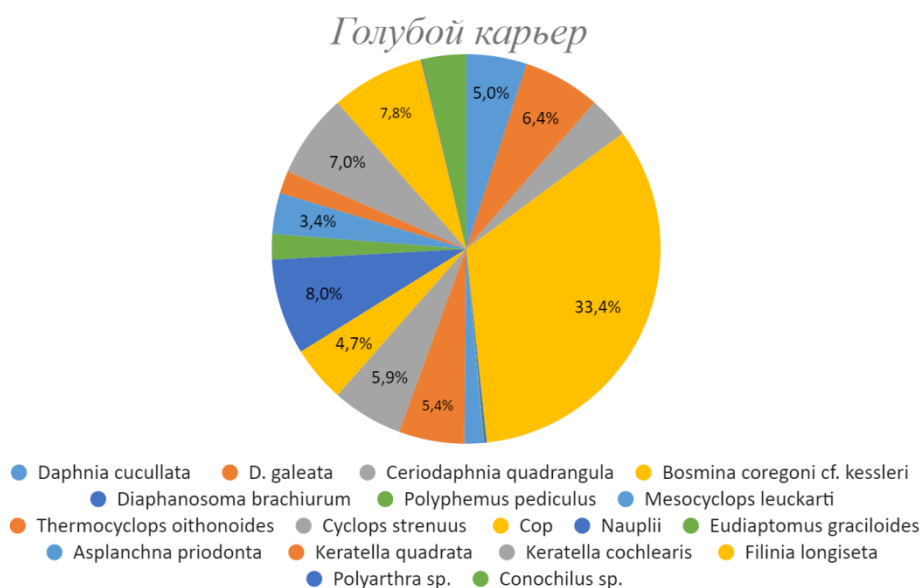
Таблица № 2. Индексы видового разнообразия и выравненности

Карьер	Индекс Шеннона (H)	Индекс Симпсона (D)	Индекс Пиелу (e)
<i>Изумрудный</i>	3,65	0,09	0,91
<i>Голубой</i>	3,11	0,18	0,78
<i>Студенческий</i>	3,33	0,12	0,83

Индекс Пиелу по сути является модификацией индекса Шеннона, получаемой путем исключения из него параметра видового богатства. Он указывает на то, насколько фактическое значение индекса Шеннона приближается к значению, максимальному для данного числа видов. Индекс Пиелу может принимать значения от 0, когда выравненность отсутствует, т.е. все найденные образцы относятся к одному виду, до 1, когда выравненность максимальна, т.е. все виды представлены одинаковым числом особей.

Если посмотреть на диаграммы, отражающие вклад вида в общую численность зоопланктонного сообщества (рисунок 2), то находим подтверждение рассчитанных коэффициентов. В сравниваемых сообществах индекс Пиелу максимален для Изумрудного карьера (составляет 0,91) и минимален для Голубого (0,78), где выделяется доминирующий по численности вид ветвистоусых ракообразных - *Bosmina coregoni cf. kessleri*.

Подобную картину мы также наблюдаем, сравнивая распределение индексов плотности по численности и биомассе в рамках каждого зоопланктонного сообщества (рисунок 3, 4).



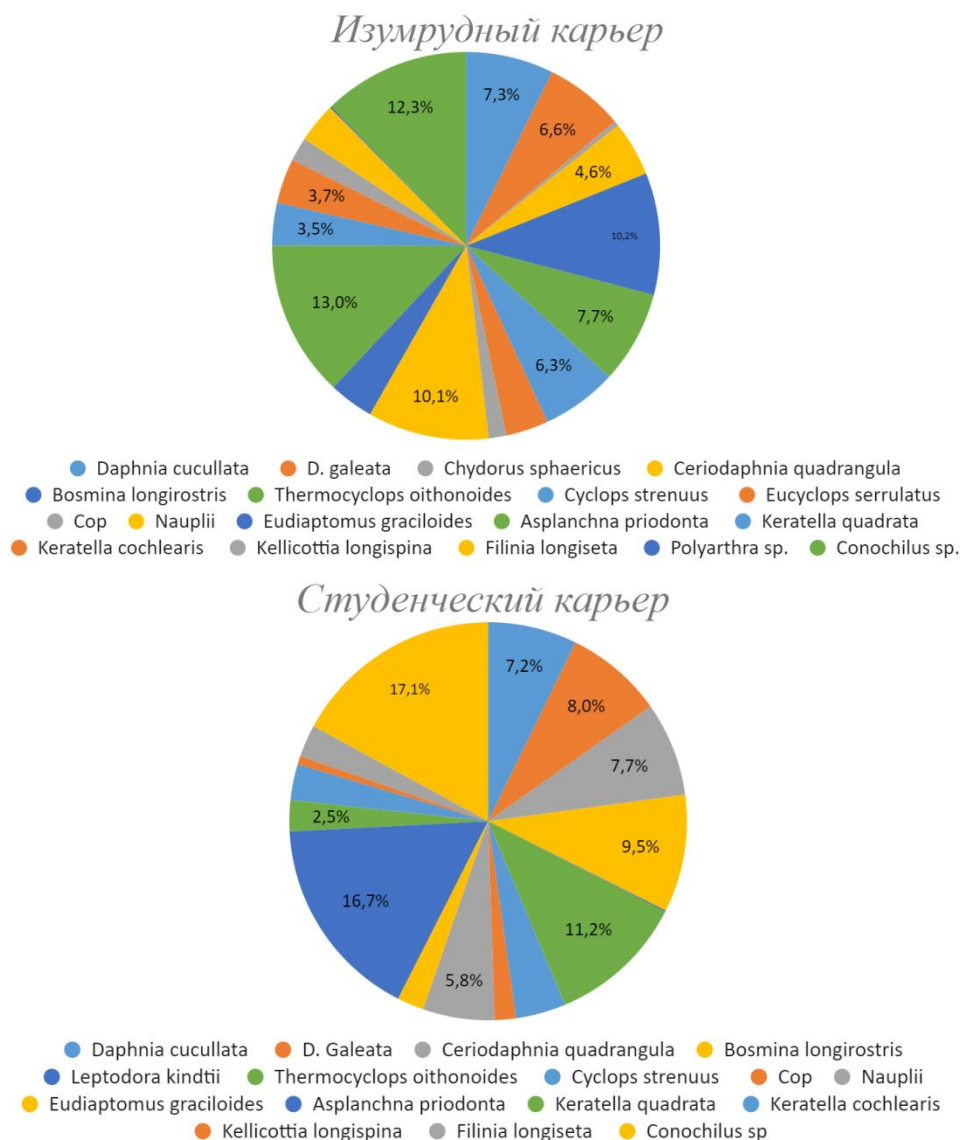


Рис. 2. Вклад отдельных видов в общую численность зоопланктонного сообщества

Зоопланктонное сообщество Изумрудного карьера (рисунок 3) представлено главным образом “обычными” видами и “массовыми”. Субдоминант по биомассе всего лишь один вид - *Daphnia cucullata*. Массовых видов четыре - это *D. galeata*, *Bosmina longirostris*, *Asplanchna priodonta* и *Conochilus sp.* Оставшиеся 12 зоопланктонных групп в зависимости от их общего вклада в биомассу можем отнести к обычным (10 групп) и к редким (3 группы). Стоит отметить, что по численности субдоминантные и редкие виды не выделяются, сообщество представлено массовыми и обычными группами. То есть в Изумрудном карьере констатируем высокий уровень выравненности сообщества (высокий уровень доминирования). Наименьшей численностью и биомассой представлены *Chydorus sphaericus* и *Polyarthra sp.*, только наименьшей биомассой - *Keratella quadrata*, *Keratella cochlearis*, *Kellicottia longispina*.

ИЗУМРУДНЫЙ КАРЬЕР

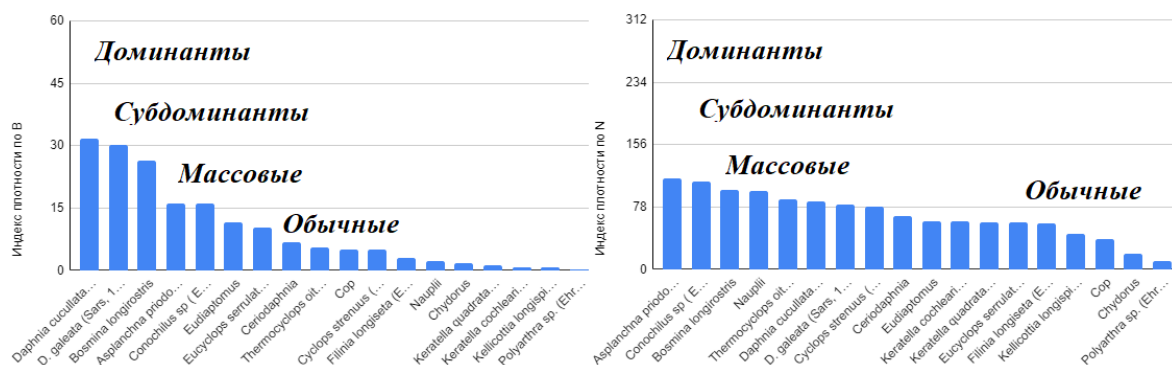
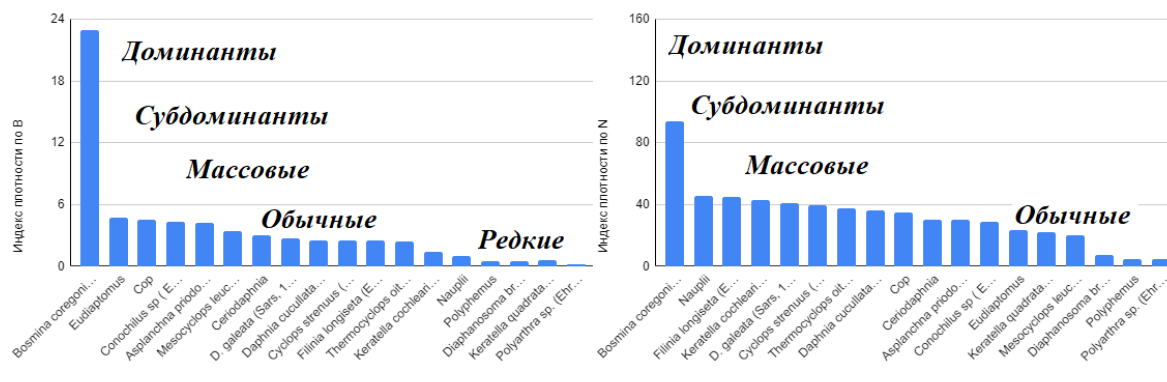


Рис. 3. Пространственная структура зоопланктонного сообщества Изумрудного карьера, исходя из индексов плотности по биомассе (В) и численности (N)

В Голубом карьере (рисунок 4), как уже было сказано ранее, выделяется доминантный по биомассе и субдоминантный по численности вид - *Bosmina coregoni cf. kessleri.*, который составляет основу сообщества (38,2 % от общей численности), остальные гидробионты вносят относительно равный вклад и представлены массовыми и обычными видами. Менее всего представлены и по численности и биомассе следующие виды: *Diaphanosoma brachiurum*, *Polyphemus pediculus*, *Polyarthra sp.*

В зоопланктоценозе Студенческого карьера можно выделить только массовые и обычные категории. Доминантов и субдоминантов нет. Поэтому индекс выравненности Пиелу для зоопланктонного сообщества достаточно высок и составляет 0,83. Представлена незначительно по численности - *Leptodora kindtii*. Стоит отметить, что данный хищный вид ветвистоусых ракообразных встретился только в этом карьере, так же как и *P. pediculus* - в Голубом.

ГОЛУБОЙ КАРЬЕР



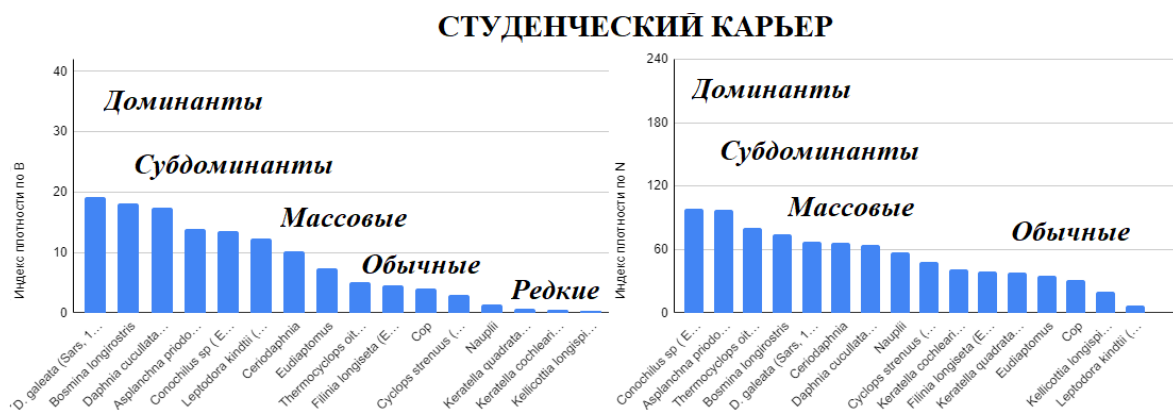


Рис. 4. Пространственная структура зоопланктонного сообщества Голубого и Студенческого карьеров, исходя из индексов плотности по биомассе (B) и численности (N)

Анализируя трофические взаимоотношения (рисунок 5), можно сказать, что основу зоопланктонного сообщества исследуемых карьеров составляют преимущественно фильтраторы. Кормом для них служат мелкие планктонные водоросли, бактерии, а также растительный детрит (виды рода *Bosmina*, *Chydorus*, а также коловратки).

К массовым видам хищников среди зоопланктона относятся прежде всего крупная хищная коловратка *A.priodonta*, представленная во всех водоемах в массе. Она является своеобразным хищник-вертикатором: создавая коловращательным аппаратом мощные токи воды, она увлекает не только простейших и коловраток, но также мелких кладоцер, например босмин [6].

Среди хищников есть также представители веслоногих ракообразных - *Thermocyclops oithonoides*, который питается личиночными стадиями копепод, мелкими олигохетами и кладоцерами, коловратками, и *Cyclops strenuus* - типичный хвататель-зоофаг. Хищные кладоцеры *P. pediculus* и *L. kindtii*, как уже было сказано ранее, представлены только в Голубом и Студенческом карьерах соответственно. Их численность чрезвычайно мала, чтобы принимать её во внимание.



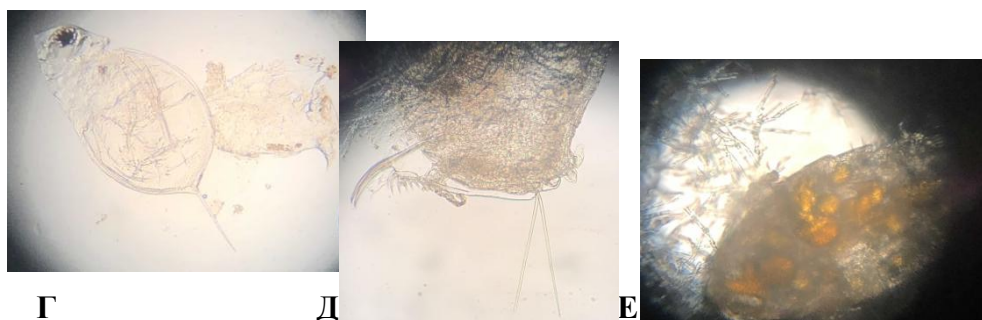


Рис. 5 Некоторые представители зоопланктона исследуемых карьеров: А - *Diaphanosoma brachiurum*; Б - *Ceriodaphnia quadrangula*; В - фуркальные ветви *Mesocyclops leuckarti*; Г-Д - взрослая особь и постабдомен *Daphnia galeata*; Е - капли жира в теле *Cyclops strenuus*

Заключение

Таким образом, проанализировав видовое разнообразие зоопланктона водоёмов Челябинского (городского) бора можем сказать, что оно сопоставимо. Наибольшим видовым разнообразием и выравненностью характеризуется зоопланктоценозы Изумрудного и Студенческого карьеров. Здесь присутствуют главным образом массовые и обычные виды вносящие относительный равный вклад в общую численность и биомассу сообщества. Наименьшей выравненностью отличается Голубой карьер, где хорошо просматривается доминантный вид *Bosmina coregoni cf. kessleri*, составляющий 38 % от общей численности всего сообщества.

В трофическом плане выделяются хищники - главным образом веслоногие рачками и коловратка *Asplanchna priodonta*, фильтраторы - ветвистоусые раки, прежде всего дафнии, и детритофаги, представленные коловраточным планктоном.

Для дальнейшей работы среди большого разнообразия организмов, составляющих зоопланктонное сообщество, необходимо выбрать группы-индикаторы, которые будут наиболее достоверно отражать возможные изменения. Поэтому целесообразно рассмотреть изменение численности зоопланктеров всех трех систематических групп. Особенно представляют интерес организмы отряда Cladocera, подотряда Calanoidea и класса Rotatoria, так как по типу питания являются фильтраторами, соответственно зависимы от количества содержащейся в воде органики. Также есть необходимость отдельно рассмотреть распределение численности представителей подотряда Cyclopoidea и подотряда Calanoidea, так как первые являются хищниками, вторые в свою очередь – фильтраторы. Поэтому диаптомусы являются наиболее значимыми объектами в функционировании сообщества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андроникова, И.Н. Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов [Текст] / И.Н. Андроникова. - СПб.: Наука, 1996 г. - 189 с.
2. Боголюбов А.С. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований [Текст] / А.С. Боголюбов // Экосистема, 1998
3. Мануйлова, Е.Ф. Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) фауны СССР [Текст]/ Е.Ф. Мануйлова. - Л.: Наука, 1964. - 327 с.
4. Методические рекомендации по отбору, обработке и анализу гидробиологических проб воды и грунта [Текст]/ Сост. Г.И. Фролова. - М.: Лесная страна, 2008. - 122 с.
5. Методические рекомендации по сбору и обработке материалов при гидробиологических исследованиях на пресноводных водоемах. Зоопланктон и его продукция [Текст]/ под ред. Винберга Г.Г..- Л.: ГосНИОРХ, 1984. - 34 с.
6. Монаков А.В. Питание пресноводных беспозвоночных [Текст]/ А.В. Монаков - М., 1998. 320 с.
7. Мордухай-Болтовский, Ф.Д. Методика изучения биогеоценозов внутренних водоемов [Текст]/ Ф.Д. Мордухай-Болтовской. - М.: Наука, 1975. - С. 171 - 175.
8. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР [Текст]/ под ред. Кутиковой Л.А. - Л.: Гидрометеиздат, 1977. - 477 с.
9. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях [Текст]/ Ю.А. Песенко - М.: Наука, 1982. 287 с.
10. Пидгайко М.Л. Зоопланктон водоёмов европейской части СССР [Текст]/ М.Л. Пидгайко - М.: Наука, 1984. 208 с.
11. Рогозин, А.Г. Коловратки (*Rotatoria*) Челябинской области [Текст]/ А.Г. Рогозин. - Миасс: ИГЗ, 1995. - 132 с.
12. Рылов, В.М. Пресноводные *Calanoida* СССР [Текст]/ В.М. Рылов. - Л., 1930. - 288 с.
13. Рылов, В.М. *Cyclopoida* пресных вод. Фауна СССР [Текст]/ В.М. Рылов. - Л.: АН СССР, 1948. - 320 с.
14. Сысоев А.Д. Челябинский бор [Текст]/ А.Д. Сысоев — Челябинск: Южно-Уральское кн. изд., 1968. — 47 с. Архивная копия от 2 октября 2010 на Wayback Machine
15. Тевяшова, О.Е. Сбор и обработка зоопланктона в рыбоводных водоемах. Методическое руководство (с определителем основных видов) [Текст]/ О.Е. Тевяшова. - Ростов-на-Дону: ФГУП «АзНИИРХ», 2009. - 84 с.

16. Челябинский (городской) бор //ООПТ Челябинской области [Электронный ресурс] - http://oopt174.ru/htmlpages/Show/chelgor_bor (дата обращения 30.10.2020)

SPECIES DIVERSITY OF ZOOPLANKTON IN QUARRIES OF THE CHELYABINSK URBAN FOREST

E. V. Karpeshchuk, E. D. Sergeeva

Secondary School No. 21 of Chelyabinsk, Chelyabinsk, Russia

Using hydrobiological and statistical methods, the species diversity of zooplankton in the quarries of the Chelyabinsk (urban) forest is considered. The dominant complex of species was determined for each studied reservoir. The greatest species diversity and equalization is characterized by the zooplanktonocenoses of the Emerald and Student quarries.

Keywords: aquatic-terrestrial complex, pinery, rime bog, specially protected natural area, rare species, conjugate groups of natural boundary, expedition.

Reference

1. Andronikova, I. N. Structural and functional organization of zooplankton in lake ecosystems of different trophic types. - St. Petersburg: Nauka, 1996 - 189 p.
2. Bogolyubov A. S. The simplest methods of statistical processing of the results of environmental research [Text] / A. S. Bogolyubov // Ecosystem, 1998
3. Manuilova, E. F. Vetvistousye crustaceans (Cladocera) of the fauna of the USSR [Text] / E. F. Manuilova. - L.: Nauka, 1964. - 327 p.
4. Methodological recommendations for the selection, processing and analysis of hydrobiological samples of water and soil [Text] / Comp. G. I. Frolova. - M.: Lesnaya strana, 2008. - 122 p.
5. Methodological recommendations for the collection and processing of materials for hydrobiological studies in freshwater reservoirs. Zooplankton and its products [Text] / ed. Vinberg G. G. -L.: GosNIORH, 1984. - 34 p.
6. Monakov A.V. Nutrition of freshwater invertebrates [Text]/ A.V. Monakov-M., 1998. 320 p.
7. Mordukhai-Boltovsky, F. D. Methodology for studying the biogeocenoses of inland reservoirs [Text]/ F. D. Mordukhai-Boltovskaya. - M.: Nauka, 1975. - p. 171-175.
8. Determinant of freshwater invertebrates of the European part of the USSR [Text]/ ed. Kutikova L. A. -L.: Hydrometeoizdat, 1977. - 477 p.
9. Pesenko Yu. A. Principles and methods of quantitative analysis in faunistic studies [Text] / Yu. A. Pesenko-M.: Nauka, 1982. 287 p.
10. Pidgayko M. L. Zooplankton of reservoirs of the European part of the USSR [Text] / M. L. Pidgayko-M.: Nauka, 1984. 208 p.

11. Rogozin, A. G. Rotifers (Rotatoria) of the Chelyabinsk region [Text] / A. G. Rogozin. - Miass: IGZ, 1995. - 132 p.
12. Rylov, V. M. Freshwater Calanoida of the USSR [Text] / V. M. Rylov. - L., 1930. - 288 p.
13. Rylov, V. M. Cyclopoida of fresh waters. Fauna of the USSR [Text] / V. M. Rylov. - L.: AN SSSR, 1948. - 320 p.
14. Sysoev A.D. Cheliabinsky bor [Text] / A.D. Sysoev-Chelyabinsk: Yuzhno-Uralskoe kn. ed., 1968. - 47 p. Archived copy from October 2, 2010 on Wayback Machine
15. Tevyashova, O. E. Collection and processing of zooplankton in fish-breeding reservoirs. Methodological guide (with the determinant of the main types) [Text] / O. E. Tevyashova. - Rostov-on-Don: FSUE "AzNIIRKH", 2009. - 84 p.
16. Chelyabinsk (city) forest //Protected areas of the Chelyabinsk region [Electronic resource] - http://oopt174.ru/htmlpages/Show/chelgor_bor (accessed 30.10.2020)

УДК 582.32, 582.29, 57.044
ББК 28.58

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭПИЛИТНОЙ ЛИХЕНО- И БРИОФЛОРЫ ЧЕЛЯБИНСКОГО ГОРОДСКОГО БОРА ДЛЯ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ В НЕМ

В.В. Степанов, Т.М. Рудакова, А.Г. Пауков, Л.М. Маркова
МАОУ “СОШ № 21 г. Челябинска”, Челябинск, Россия
УрФУ г. Екатеринбург,
ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет»

Исследована эпилитная лишено- и бриофлора Челябинского городского бора. Определено содержание серы во мхах и лишайниках. На каменистых субстратах было выявлено 10 видов зеленых листостебельных мхов и 10 видов лишайников. Видовое разнообразие мхов и лишайников возрастает в центре бора и у карьеров. Установлено, что содержание серы в слоевищах лишайников и мхах в несколько раз больше у образцов собранных вдоль автомобильных дорог.

Ключевые слова: мхи, лишайники, видовое разнообразие, содержание серы.

Введение

Вследствие того, что Челябинск является крупным промышленным центром с большим количеством заводов, экологическая ситуация в городе является особенно острой. Все больше местных жителей стремятся проводить свои выходные в парках или реликтовом сосновом бору, чтобы убежать от надоевшего и опасного смога. По заявлению администрации города, в Челябинске имеется кризис контроля за качеством воздухом. В последнее время для мониторинга окружающей среды ученые все чаще обращаются не к приборам, а к природным индикаторам атмосферного загрязнения, например, мхам и лишайникам. Видов мхов и лишайников очень много, но их эпилитные группировки (растущие на каменистых субстратах) наиболее часто вызывают интерес у исследователей, поскольку именно они особенно чувствительны к состоянию воздушной среды. Однако применение такого способа оценки местообитаний ограничено в связи с недостаточной изученностью брио- и лишенофлоры города.

Объект исследования – лишайники и мхи, произрастающие на каменистых субстратах Челябинского городского бора. Предмет исследования – систематический, географический и экологический анализ мхов и лишайников на каменистых поверхностях в бору города, а также качество воздуха в нем (в целом и степень загрязнения сернистым газом).

Цель работы: на основе комплексного анализа эпилитных мхов и лишайников Челябинского городского бора сделать вывод о степени загрязнения воздушной среды в нем (в целом и сернистым газом).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: 1. Провести анализ работ, посвященных изучению городских брио- и лишенофлор; 2. Провести сбор и определение образцов; 3. Провести систематический, географический и экологический анализ эпилитной лишено- и бриофлоры; 4. Выявить черты городской лишено- и бриофлоры и основные факторы их формирования; 5. Определить количество серы в собранных образцах в качестве теста на загрязнение атмосферного воздуха сернистыми соединениями и сравнить с данными постов государственной наблюдательной сети ЦГМС и ОГКУ «ЦЭМ» (Челябинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды); 6. Сделать вывод о чистоте воздуха в Челябинском городском бору.

Материал и методы исследования

Исследование проводилось в пределах городской черты в западной части – в Челябинском (Шершневском) городском бору. Протяженность бора с северо-востока на юго-запад около 5,5 км, а средняя ширина около 2,5-3 км. Район исследования расположен в континентальной области умеренного пояса в лесостепной части Зауральской равнины. Этот Памятник природы областного значения на 90% состоит из реликтовых сосен, а находится на гранитной платформе (когда-то здесь вели активные разработки гранита), в нем можно встретить огромное количество карьеров (Изумрудный, Уфимский, Каменный, Шершневский), которые превратились в пруды [14]. Во многих местах бора имеются выходы гранитного фундамента на поверхность в виде каменных глыб, россыпей, больших гранитных плит. Местоположение бора почти в центре города со значительной транспортной нагрузкой определяет особенности видового разнообразия растительных сообществ (в значительной степени на его окраинах). Промышленные предприятия расположены удаленно от бора.

В основу работы положена коллекция мхов и лишайников, собранная весной-осенью 2018-2020 гг. в выделенных зонах маршрутным методом. Собирались образцы-эпилиты (петрофиты), т.е. растущие непосредственно на «голой» поверхности камней, а также на искусственных субстратах. Места сбора образцов показаны на рисунке 1.

Всего было собрано 32 гербарных пакетов с мохообразными. При определении видов мхов использовались различные определители, в том числе электронные [1,5,13], а также школьная коллекция мхов, собранная в 2001-2017 гг. в окрестностях п. Березовский Октябрьского района Челябинской области. В результате анализа собранного материала был составлен таксономический список видов мхов.

Количественное определение серы в собранных образцах велось в химической лаборатории факультета экологии и природопользования ЧелГУ в ноябре 2020 года. Метод основан на извлечении серы из растительного

материала путем мокрого озоления (в этом случае не теряется сера, в отличие от сухого) его смесью азотной и соляной кислот, перевода в сульфаты и определении в виде взвеси сульфата бария турбидиметрическим методом. Данный анализ включал в себя несколько этапов: приготовление осаждающего раствора с желатином, раствора серы массовой концентрации 0,1 мг/мл, растворов сравнения (0; 0,02; 0,04; 0,07; 0,1; 0,13; 0,16 мг/л), озоление растительных образцов, фотометрия при длине волны 420 нм, обработка результатов. Содержание серы в растениях (X, % на воздушно-сухое вещество) рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(a - б) \cdot 100}{n \cdot 1000}$$

где а - содержание серы в 100 см³ минерализата, найденное по графику, мг S; б - содержание серы в 100 см³ раствора контрольного опыта, найденного по графику, мг S; n - навеска воздушно-сухого растительного материала, г; 1000 - коэффициент пересчета концентрации серы из мг в г; 100 - коэффициент пересчета в % [6].

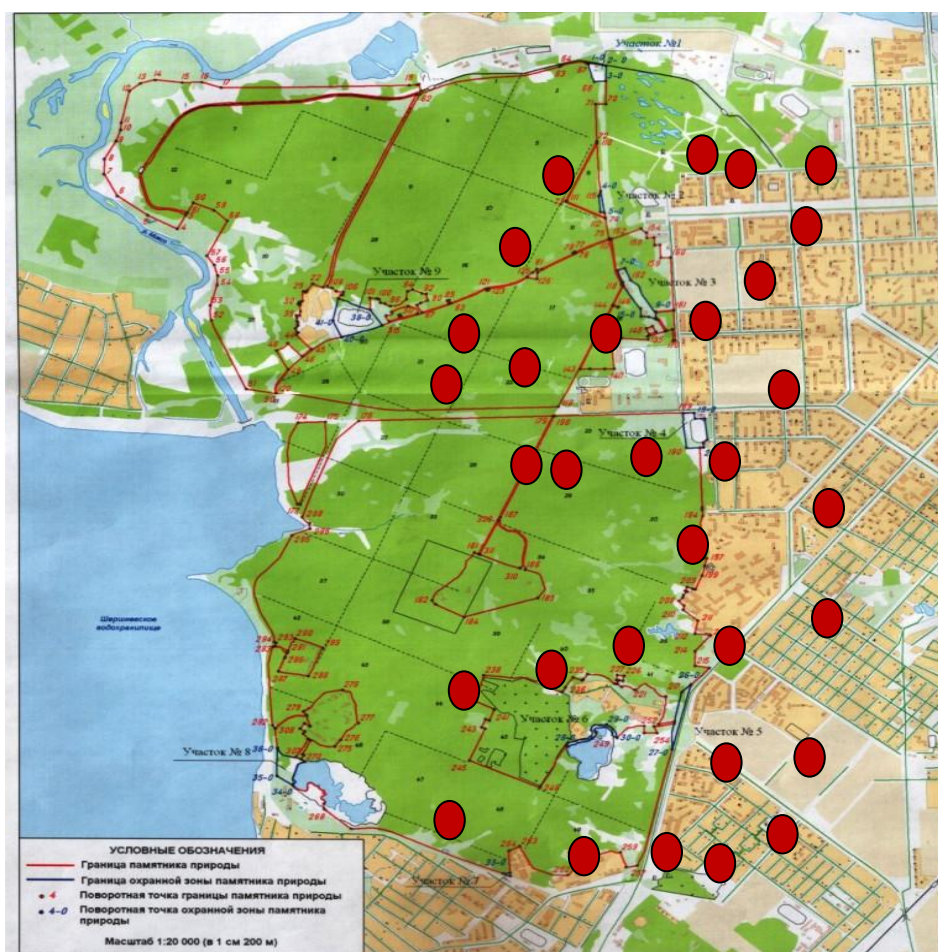


Рисунок 1. Карта-схема Челябинского городского бора. Места сбора образцов отмечены

Результаты и их обсуждение

Мхи. Все обнаруженные виды относятся к классу *Bryopsida* (Листостебельные мхи) подклассу *Bryopsidae* (Зеленые мхи). Таксономический список включает 10 видов мхов-эпилитов, относящихся к 10 родам и 9 семействам. По видовому разнообразию преобладает порядок Гипновые (6 видов из 10). В семействе *Pottiaceae* насчитывается 2 вида, в остальных семействах – по 1 виду (табл. 1).

Таблица 1. Систематический анализ эпилитной бриофлоры городского бора

Семейство	Число		Род / число видов в нем
	видов	родов	
BRYACEAE	1	1	Bryum (1)
CLIMACIACEAE	1	1	Climacium (1)
DICRANACEAE	1	1	Dicranum (1)
DITRICHACEAE	1	1	Ceratodon (1)
MNIACEAE	1	1	Plagiomnium (1)
POTTIACEAE	2	2	Barbula (1), Syntrichia (1)
PSEUDOLESKEACEAE	1	1	Pseudoleskeella (1)
PYLAIACEAE	1	1	Callicladium (1)
THUIDIACEAE	1	1	Abietinella (1)

От периферии к центру бора наблюдается закономерное изменение – увеличение видового разнообразия мхов, что, видимо, связано со значительным загрязнением атмосферы из-за большой транспортной нагрузки на этот район города. Наибольшее число видов мхов было найдено на берегах водоемов-карьеров у выхода гранита на поверхность, где самые оптимальные условия для их развития. Считается, что бриофлора гранитов (кислая порода) характеризуется самым низким видовым богатством по сравнению с кальцефилами (известняками – основными породами, у которых более пористая структура, соответственно, влага дольше задерживается). Главенствующее положение в систематическом списке семейства *Pottiaceae* объясняется наличием на Урале значительных выходов карбонатсодержащих и силикатных горных пород (известняков и кварцитов) (в виде каменных глыб, валунов и россыпей в бору) [4].

Наиболее массовыми видами являются *Ceratodon purpureus* и *Bryum argenteum* (космополиты), приуроченные к нарушенным местообитаниям (табл. 2). Интересно, но именно этих 2 вида при сборе материала для исследования встречались всегда в стадии спороношения. Обычно формы мхов, встречающиеся в таких условиях, размножаются частями вегетативного тела, а перенос их фрагментов осуществляется чаще всего

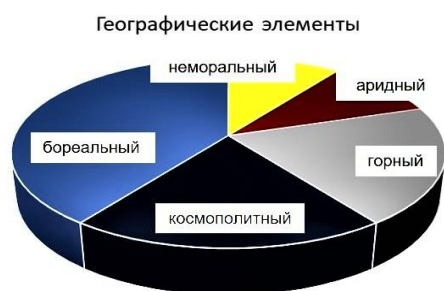
проходимыми. При данном способе размножения мох способен осваивать непригодные для других растений городские экологические ниши.

Таблица 2. Анализ селективности местообитания мхов

№ п/п	Вид	Сооружения из природного камня (доломит, известняк/ кварцит)	Гранит (порода магматического происхождения) кислая порода	Асфальт	Бетон/цемент
1	<i>Abietinella abietina</i>	+ -	+	-	+
2	<i>Barbula unguiculata</i>	++	-	+	+
3	<i>Bryum argenteum</i>	++	+	+	+
4	<i>Callicladium haldanianum</i>	+ -	-	-	-
5	<i>Ceratodon purpureus</i>	++	+	+	+
6	<i>Climacium dendroides</i>	+ -	-	-	-
7	<i>Dicranum polysetum</i>	+ -	-	-	-
8	<i>Plagiomnium cuspidatum</i>	+ -	+	+	-
9	<i>Pseudoleskeella nervosa</i>	++	+	-	+
10	<i>Syntrichia ruralis</i>	++	+	-	+

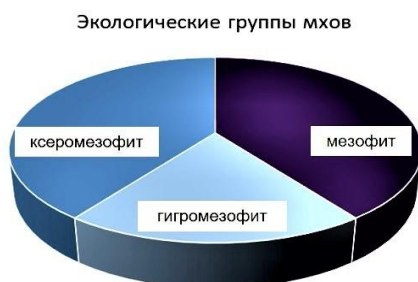
Практически в любой работе, посвященной бриофлоре городской среды, приводится ряд видов, наиболее типичных для города. Их основные черты – высокая способность к вегетативному размножению, устойчивость к вытаптыванию, засолению и загрязнению оксидом серы (IV). Для выявления общих черт урбанобриофлор был проведен сравнительный анализ списков типичных видов, указанных для следующих территорий: Москва, Уфа, Екатеринбург, города Испании [2,10]. Примечательно, что из 10 видов «городских» листостебельных мхов, отмеченных для Испании, 5 типичны для Москвы и Екатеринбурга и для Челябинска (4 из которых были встречены и в городском бору: это *Bryum argenteum*, *Ceratodon purpureus*, *Barbula unguiculata*, *Syntrichia ruralis*). Такое родство систематической структуры, несмотря на значительную географическую удаленность и разницу в климатических условиях, указывает на преобладающую роль антропогенного фактора в формировании урбанобриофлоры (рис. 2).

При проведении географического анализа листостебельных мхов-эпилитов бора была использована классификация элементов флоры, разработанная А.С. Лазаренко и Р.Н. Шляковым [10]. Данная географическая структура определяется историческими причинами, а также широтным положением, наличием местообитаний с характерными экологическими условиями. В составе эпилитной бриофлоры представлены следующие географические элементы: неморальный (1), аридный (1), космополитный (2), горный (2), бореальный (4 вида) (рис. 2).



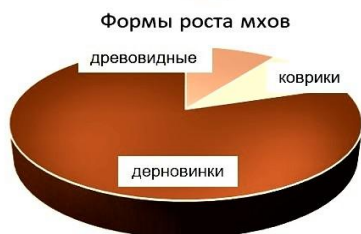
Географический анализ мхов городского бора
(по А.С. Лазаренко и Р.Н. Шлякову)

В бору присутствуют виды мхов, принадлежащих исторически к нескольким широтным зонам



Экологические группы мхов
(по Г.Ф. Рыковскому)

В бору присутствуют виды мхов, в основном индифферентные к увлажнению



Анализ форм роста мхов бора
(по Г. Мейзелю)



Рисунок 2. Виды мхов-урбанофилов: Диаграмма 1-3. Географический, экологический анализ и форм роста эпилитной бриофлоры городского бора.

В экологическом анализе, предложенном Г.Ф. Рыковским, использовались экологические группы листостебельных мхов по отношению к фактору влажности [11]. Экологические группы мхов каменистых субстратов представлены большей частью видами с ксероморфной ориентацией или индифферентных к увлажнению, характерными для антропогенных флор (воздух в городах суше и теплее на 2-3°С) (рис. 2).

В настоящее время учеными бриологами широко используется система форм роста, предложенная Г. Мейзелем [11]. Виды эпилитных мхов бора, идентифицированной нами, относятся к формам роста: коврики (10%), дерновинки (80%) и древовидные (10%) (рис. 2). Отсутствие подушек, видимо, связано с высокой чувствительностью видов этой жизненной формы к атмосферному загрязнению.

Лишайники. В районе исследования было собрано 26 гербарных пакетов с лишайниками (иногда вместе с субстратом). Эпилитные лишайники развивают свое слоевище на поверхности субстрата, и только гифы, которыми они прикрепляется, могут проникать, иногда довольно глубоко, на 10-20 мм внутрь камня. При определении видов лишайников использовали электронный атлас-определитель [9,13]. В результате анализа собранного материала был составлен таксономический список видов

лишайников (Табл. 3). Таксономический список включает 10 видов лишайников-эпилитов, относящихся к 9 родам и 7 семействам.

Таблица 3. Систематический анализ эпилитной лишайнофлоры городского бора

Семейство	Число		Род / число видов в нем
	видов	родов	
Cladoniaceae	2	1	Cladonia (2)
Ophioparmaceae	1	1	Hypocenomyce (1)
Parmeliaceae	3	3	Hypogymnia (1) Flavopunctelia (1) Vulpicida (1)
Peltigeraceae	1	1	Peltigera (1)
Physciaceae	1	1	Physcia (1)
Stereocaulaceae	1	1	Lepraria (1)
Teloschistaceae	1	1	Xanthoria (1)

Эпилитные лишайники поселяются на камнях и скалах и представлены по морфологическому строению накипными (слоевище в виде бесформенных корочек, пленочек, плотно сросшихся с субстратом: этот таллом невозможно отделить от субстрата, не повредив его), листоватыми (в форме широких и узких пластинок, чешуек) и кустистыми [13]. При анализе жизненных форм лишайников было выявлено следующее соотношение: 1 вид (10%) представлены накипной жизненной формой, 7 видов (70%) – листоватой жизненной формой, 2 вида (20%) – кустистые (рис. 3).

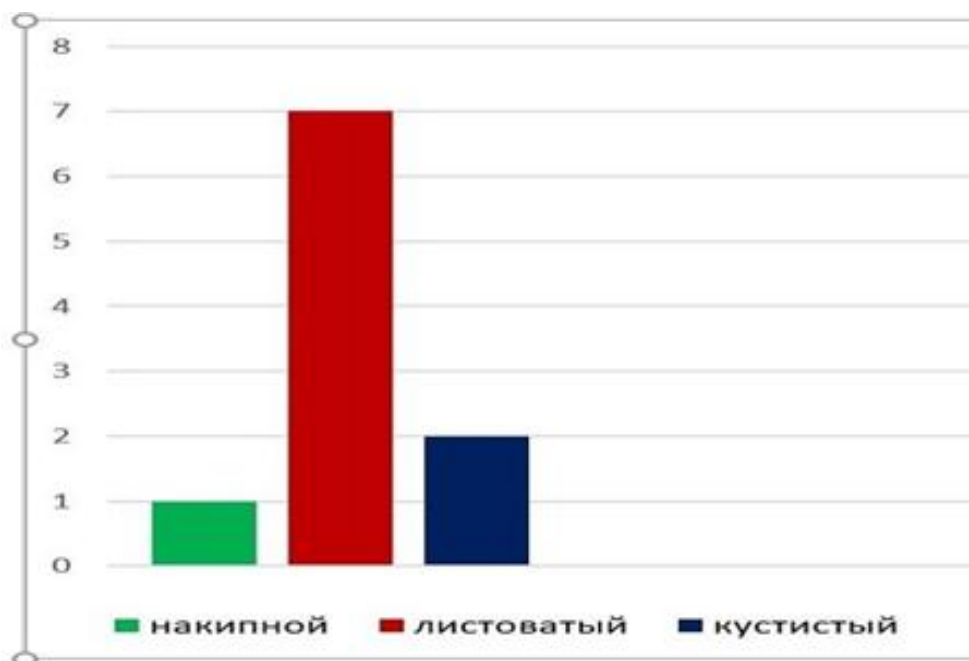


Рисунок 3. Жизненные формы лишайников Челябинского городского бора.

Закономерности географического распространения лишайников изучены еще недостаточно. С одной стороны, отмечается приуроченность определенных видов к тем или иным природным зонам. Но есть виды, которые в своем распространении связаны не столько с природными условиями определенной зоны, сколько с условиями среды, которые повторяются в нескольких природных зонах. Географическое распространение многих лишайников прямо связано с их выборочным отношением к субстрату, хотя он и не является основной причиной, ограничивающей их распространение [12].

При проведении географического анализа определялась принадлежность видов к широтным географическим элементам. Географические элементы флоры лишайников обычно соответствуют растительно-климатическим зонам, однако особенности распространения некоторых видов диктуют необходимость выделения внезонального географического элемента – монтанного, объединяющего виды, имеющие центры массовости в лесных поясах горных районов [3]. В изученной лишайнофлоре городского бора рассматриваются: монтанный (10%), бореальный (50%), неморальный (10%) и мультизональный (30%) элементы.

Лишайники по-разному реагируют на загрязненность воздуха: некоторые не выносят даже малейшего загрязнения и погибают; другие живут только в городах и прочих населенных пунктах. В настоящее время разработаны методы лишайноиндикации, с помощью которых можно определить степень загрязненности воздуха на основе наличия или отсутствия определенных лишайниковых группировок [15]. На основании частоты встречаемости вида и морфологического состояния слоевищ выделяют 3 группы лишайников: 1. Самые чувствительные: исчезают при первых признаках загрязнения (такие виды не были обнаружены в парке); 2. Среднечувствительные, приходят на смену погибшим чувствительным видам (обнаружены род Кладония, Гипогимния, Гипоценомия); 3. Самые выносливые, толерантные к загрязнению, представители отдельных видов и родов лучше развиваются и бывают приурочены именно к экологически «неблагополучным» территориям (найден род Лепрария, Ксантория, Фисция) (табл. 4).

С целью определения видов, которые из-за деятельности человека сменили свое местообитание, образцы лишайников и мхов-эпилитов собирались с искусственных материалов (асфальт, кирпичные стены, шифер, бетонные ступени и др.). Самой распространенной горной породой в бору является гранит, он слагает берега находящихся здесь в большом количестве карьеров и озер. Можно отметить, что гранитные берега подверглись процессам выветривания. Кроме того, гранит применяется в городе для отделки фасадов зданий и набережных. Полированный гранит обычно не

заселяется мхами. Местообитанием мхов чаще может служить субстрат, представляющий собой гранитную крошку. Бетон и цемент в бору встречается довольно часто, эти субстраты сравнимы с твердыми горными породами, содержащими известь (известняк, доломит). Бетон и цемент часто заселяются мхами, но почти исключительно *Bryum argenteum* и *Ceratodon purpureus* (виды-космополиты), характеризующиеся массовым спороношением, благодаря чему они быстро возобновляются. Асфальт распространен повсеместно, его состав сильно отличается от состава естественных горных пород (здесь преобладают тяжелые фракции нефти). Этот субстрат сравнительно плохо заселяется мхами. Интересна находка *Plagiomnium cuspidatum* на тонком слое почвы на асфальте. Здесь присутствуют также виды рода *Bryum* и *Ceratodon* (табл. 2).

Таблица 4. Вариант классификации чувствительности лишайников к атмосферному загрязнению [8,10]

Не загрязненная территория	Слабо загрязненная территория	Умеренно загрязненная территория	Сильно загрязненная территория	Очень сильно загрязненная территория
Виды, не переносящие загрязнения	Очень чувствительные к загрязнению виды	Чувствительные к загрязнению виды	Устойчивые к загрязнению виды	«Лишайниковая пустыня»
<i>Alectoria sarmentosa</i>	<i>Usnea</i> sp.	<i>Cladonia</i> sp.	<i>Lecanora conizaeoides</i>	Нет лишайников
<i>Bryoria fremonti</i>	<i>Bryoria fuscescens</i>	<i>Hypocenomyce scalaris</i>	<i>Lepraria vouauxii</i>	
<i>Bryoria capillaris</i>	<i>Hypogymnia physodes</i>	<i>Imshaugia aleurites</i>	<i>Micarea melaena</i>	
<i>Hypogymnia tubulosa</i>	<i>Evernia prunastri</i>	<i>Ochrolechia androgyna</i>	<i>Parmeliopsis ambigua</i>	
<i>Ramalina dilacerata</i>	<i>Parmeliopsis hyperopta</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	<i>Pheophyscia orbicularis</i>	
<i>Platismatia glauca</i>	<i>Tuckermanopsis chlorophylla</i>	<i>Parmelia olivacea</i>	<i>Physcia caesia</i>	
<i>Lobaria pulmonaria</i>	<i>Tuckermanopsis sepincola</i>	<i>Physcia aipolia</i>	<i>Scoliosporum chlorococcum</i>	
<i>Pseudevernia furfuraceae</i>	<i>Mycoblastus sanquinaris</i>		<i>Xanthoria parietina</i>	

Все обнаруженные виды лишайников, относящиеся к накипным и листоватым, были встречены на бетоне, шифере, у канализационных люков, на фундаменте построек, что говорит о некоем безразличии к субстрату, который они используют лишь для опоры (т.е. заняли нишу, никем не занятую).

Количественное содержание серы. Ученые долгое время не могли объяснить, какие именно факторы приводят к обеднению и даже исчезновению мхов и лишайников в городах. В течение последних десятилетий было доказано, что из компонентов загрязненного воздуха (окислов азота (NO, NO₂), окиси углерода (CO, CO₂), соединений фтора, формальдегида, бензапирена и др.) на брио- и лишайнофлору самое отрицательное влияние оказывает сернистый газ [2,3,12]. Именно он

определяет распространенность некоторых мхов и лишайников. ПДК сернистого газа – это предельная концентрация диоксида серы. Максимально допустимая разовая доля газа в воздухе должна составлять не более $0,5 \text{ мг/м}^3$. Среднесуточное значение составляет $0,05 \text{ мг/м}^3$ [8].

Прогуливаясь по городу, особенно в промышленной части, иногда можно констатировать полное отсутствие лишайников («лишайниковая пустыня»). Это означает, что концентрация двуокиси серы в воздухе превышает $0,3 \text{ мг/м}^3$. Присутствие в городе некоторых выносливых по отношению к загрязнителям лишайников, например, ксантории, лепрарии и фиссии (обнаружены на всей территории городского бора) свидетельствует о том, что количество сернистого газа колеблется от $0,05$ до $0,2 \text{ мг/м}^3$. Если же вы видите гипоценомице и гипогимнии (их образцы обнаружены на территории бора вдали от крупных транспортных улиц Блюхера, Худякова, Труда), то воздух довольно чист, содержание двуокиси серы не превышает $0,05 \text{ мг/м}^3$. Особое внимание исследователей привлек лишайник *Hypogymnia physodes* (также обнаружен в глубине бора), серые узколопастные слоевища которой часто встречаются на камнях. При концентрации сернистого газа $0,23 \text{ мг/м}^3$ воздуха этот лишайник полностью отмирает за 29 суток [3,12]. Экспериментально установлено, что это вещество уже в концентрации $0,080\text{--}0,10 \text{ мг/лм}^3$ воздуха начинает вредно действовать на клетки: в хлоропластах появляются бурые пятна, начинается дегградация хлорофилла (такое явление отмечено у образцов, найденных на окраинах городского бора вблизи крупной автодороги).

По данным Министерства экологии Челябинской области в Челябинске до 17% от общего загрязнения атмосферы составляет диоксид серы [8]. Это бесцветный газ с характерным резким запахом (запах загорающейся спички). При попадании в организм приводит к кашлю, сухости и горькому привкусу во рту; при высокой концентрации – удушью и отеку легких. Жители города иногда жалуются на характерный запах воздуха горелыми спичками, в то время как данные с постов государственной наблюдательной сети ЦГМС (Челябинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды) и ОГКУ "ЦЭМ" (Центра экологического мониторинга Челябинской области) сообщают лишь о 6-8% всех проб с превышением ПДК загрязняющих веществ, а на выбросы сернистого газа приходится в среднем $0,3\text{--}0,4$ тыс. тонн в год [7]. Основным источником этого загрязнителя являются тепловые электростанции, металлургические заводы и автотранспорт (серосодержащее топливо, коксующиеся угли). Ленточный Челябинский бор расположен в западной и юго-западной стороне вдали от крупных заводов города (но не стоит забывать о преобладании в розе ветров в целом за год ветров южного и юго-западного направления, соответственно, будет и ориентация вредных выбросов от промышленных предприятий). С приборов стационарных постов ЦГМС и ЦЭМ вблизи бора иногда зафиксированы превышения по содержанию только формальдегида.

Лишайники и мхи способны аккумулировать из окружающей среды элементы в количествах, намного превосходящих их физиологические потребности. Газообразный токсикант SO_2 непосредственно из атмосферного воздуха проникает в слоевища лишайников и тела мхов и накапливается там. Исследователи установили, что чем выше уровень загрязненности природной среды сернистым газом, тем больше содержание серы в слоевищах лишайников и мхах [3]. Поэтому определение серы в этих образцах может быть использовано в качестве теста на загрязнение атмосферного воздуха сернистыми соединениями.

В нашем эксперименте приведены результаты анализа содержания серы в талломах эпилитных лишайников видов *Physcia caesia* и *Xanthoria parietina*, а также мхов-урбанофилов *Ceratodon purpureus* и *Bryum argenteum*, собранных в глубине бора и вблизи автотрассы (для сравнения) (табл. 5). Выбор данных видов в качестве тест-объектов связан с их толерантностью к атмосферному загрязнению, а эпилитность исключает возможность субстратного загрязнения.

Таблица 5. Количественное определение серы в собранных образцах эпилитов

Номер образца	Название образца	Оптическая плотность, D _{ср}	Содержание серы в растворе, мг/л	Содержание серы в растениях (в % на воздушно-сухое вещество)
1	<i>Ceratodon purpureus</i> (вблизи автотрассы)	0,282	0,442	0,221
2	<i>Ceratodon purpureus</i> (в глубине бора)	0,062	0,112	0,056
3	<i>Bryum argenteum</i> (вблизи автотрассы)	0,413	0,620	0,310
4	<i>Bryum argenteum</i> (в глубине бора)	0,071	0,121	0,061
5	<i>Physcia caesia</i> (вблизи автотрассы)	0,282	0,420	0,210
6	<i>Physcia caesia</i> (в глубине бора)	0,087	0,133	0,067
7	<i>Xanthoria parietina</i> (вблизи автотрассы)	0,377	0,566	0,283
8	<i>Xanthoria parietina</i> (в глубине бора)	0,050	0,101	0,051

По результатам проведенного анализа обнаружено более высокие концентрации серы в образцах эпилитных мхов и лишайников, собранных в бору вблизи автодороги, что, вероятно, обусловлено выбросами автотранспорта (превышение в 3-5 раз по сравнению с образцами, найденными в глубине бора). Внешние признаки тест-объектов также

указывают на большее содержание сернистого газа в воздухе вблизи автодорог (у окраинных образцов буреют слоевища лишайников и тела мхов, отмирают верхушки побегов). Кроме того, видовой состав лишайников по чувствительности к сернистому газу свидетельствует о том, что количество сернистого газа колеблется от $0,05 \text{ мг/м}^3$ (вдали от автодорог) до $0,2 \text{ мг/м}^3$ (ближе к окраинам городского бора). Обнаружение лишайников вида *Hypogymnia physodes* говорит об относительной чистоте воздуха (так как при концентрации сернистого газа $0,23 \text{ мг/м}^3$ он отмирает полностью).

Заключение

1. В результате исследования Челябинского городского бора на каменистых субстратах было выявлено 10 видов зеленых листостебельных мхов и 10 видов лишайников (рис. 4). Было отмечено закономерное уменьшение видового разнообразия этих организмов от периферии (вблизи автомобильных дорог) к центру бора, где расположены водоемы, условия которых способствуют оптимальному развитию мхов и лишайников. Обитающие в бору семейства зеленых листостебельных мхов принадлежат к группе урбанофилов, кроме единственного обнаруженного здесь представителя семейства *Dicranaceae* из урбанофобов (найден вдали от дороги). Кроме того, преобладание среди форм роста дерновинок говорит о средней степени загрязнения воздуха.

Видовой состав лишайников относится в основном к среднечувствительной группе по атмосферному загрязнению окружающей среды, а наличие кустистых форм рода Кладоний (найденных в глубине бора) говорит об относительной чистоте воздуха в парке. Об этом же свидетельствуют результаты проведенных лабораторных исследований на содержание серы в слоевищах лишайников и мхах (ее содержание в несколько раз больше у образцов, растущих вблизи автотрассы, где содержание диоксида серы выше, что сказывается на их внешних признаках), видовое разнообразие лишайников по чувствительности к сернистому газу (его количество колеблется от $0,05 \text{ мг/м}^3$ (вдали от автодорог) до $0,2 \text{ мг/м}^3$ (ближе к окраинам городского бора), а также данные с постов государственной наблюдательной сети о состоянии атмосферного воздуха (превышение ПДК сернистого газа вблизи бора не обнаружено).

На основе анализа видового состава мхов и лишайников на каменистых субстратах мы пришли к выводу, что Челябинский (Шершневский) городской бор относится к умеренно загрязненным территориям по состоянию воздушной среды.

2. В составе эпилитной бриофлоры городского бора представлены в основном следующие географические элементы: бореальный, горный и космополитный. Моховой покров растительных сообществ города

преимущественно формируют виды, относящихся к формам роста дерновинки. Большинство видов являются мезофитами.

3. В составе эпилитной лишенофлоры по морфологической структуре преобладают листоватые и кустистые формы; географические элементы представлены в основном мультizonальным и бореальным элементом; на видовое разнообразие влияет тип субстрата – преобладание в районе исследования гранита (большое количество *Cladonia*, *Peltigera*, *Xanthoria*).

4. Влияние городской среды на отдельные виды не является однозначным. Под воздействием урбанизации ряд видов-космополитов сохраняет или повышает свою активность, в основном за счет заселения искусственных субстратов.

5. В целом брио- и лишенофлора Челябинска проявляет сходство с другими городами различных стран. Такое родство систематической структуры, несмотря на значительную географическую удаленность и разницу в климатических условиях, указывает на преобладающую роль антропогенного фактора в их формировании.

В заключение отметим, что использование биоиндикационных свойств лишено- и бриофлоры является перспективным и актуальным подходом к изучению степени антропогенизации, в т.ч. загрязнения природной среды.



Рисунок 4. Коллекция собранных в городском бору мхов-лишайников-эпилитов

Список литературы

1. Бардунов, Л.В. Определитель листостебельных мхов Центральной Сибири / Л.В. Бардунов. – Л.: Наука, 1969. – 319 с.
2. Борисенко, А.Л. Бриофлора г. Северска как показатель экологического состояния территории / А.Л. Борисенко // Экологические проблемы и пути их решения: Сборник научных трудов студентов. – Томск, 2001. – С. 90-106.

3. Гагарина, Л.В. Биоразнообразие и экология лишайников урбанизированных территорий / Л.В. Гагарина, Е.М. Шкраба // Материалы Регион. науч. конф. Студентов и аспирантов. – Пермь, 2007. – С. 192–194.
4. Геологическое строение города Челябинска. Глава 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://megalektsii.ru/s74667t3.html> (дата обращения 12.07.2019).
5. Ибатуллин, А.А. Петрофитные мхи Среднего и Южного Урала / А.А. Ибатуллин. – М., 2012. – 34 с.
6. Методические указания по определению серы в растениях и кормах растительного происхождения [Электронный ресурс] / М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2004. – 8 с. – Режим доступа: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293738333> (дата обращения 10.10.2021).
7. Охрана атмосферного воздуха. Челябинск 2019-2020 г.г. Посты Челябинского ЦГМС и ОГКУ "ЦЭМ" [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mineco174.ru/htmlpages/Show/OxранаokruzhayushhejsredyCHely/Oxранаatmosfernogovozduxa/Informaciyaosostoyaniizagryazn/CHelyabinsk2020god> (дата обращения 2019-2020).
8. Оценка качества атмосферного воздуха в Челябинской области / Министерство экологии Челябинской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic/2015/211> Osenkakachestvaatmosfern (дата обращения 2019-2020).
9. Пауков А.Г., Трапезникова С.Н. Определитель лишайников Среднего Урала / А.Г. Пауков, С.Н. Трапезникова. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2005. – 207 с.
10. Прудникова, Л. Ю. Бриофлора Екатеринбурга: мхи в условиях промышленного мегаполиса / Л.Ю. Прудникова // Проблемы региональной экологии. – 2001. – № 4. – С. 51-62.
11. Рыковский, Г.Ф. Эпифитные мхи как экологическая группа экстремальных местообитаний / Г.Ф. Рыковский // Проблемы бриологии в СССР. – Л.: Наука, 1989. – С. 190-200.
12. Сатуева, Л.Л. Атмосферные загрязнители и их влияние на эпифитные лишайники урбанизированной среды [Электронный ресурс] / Л.Л. Сатуева // Биоэкономика и экобиополитика. – 2016. – №1. – С. 222-245. – Режим доступа: <https://moluch.ru/th/7/archive/26/1201/> (дата обращения 27.09.2020).
13. Флора мхов России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rus-nature.ru/05moss/index.htm> (дата обращения 29.08.2019).
14. Челябинский городской бор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://oort.aari.ru/oort/Челябинский-городской-бор> (дата обращения 19.08.2020).
15. Чеснокова, С.М. Лихеноиндикация загрязнения окружающей среды: Практикум / Владим. гос. ун-т. – Владимир, 1999. – 38 с.

STUDY OF THE EPILITIC LICHEN-AND BRYOFLORE OF THE CHELYABINSK URBAN FOREST TO ASSESS THE LEVEL OF POLLUTION IN IT

V. V. Stepanov, T. M. Rudakova, A. G. Paukov, L. M. Markova
MAOU "Secondary School No. 21 of Chelyabinsk", Chelyabinsk, Russia
Ural Federal University of Yekaterinburg, Russia
Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

The epilithic lichen-and bryoflora of the Chelyabinsk urban forest were studied. The content of sulfur in mosses and lichens was determined. On stony substrates, 10 species of green leaf-stemmed mosses and 10 species of lichens were identified. The species diversity of mosses and lichens increases in the center of the forest and near the quarries. It was found that the sulfur content in lichen beds and mosses is several times higher in samples collected along highways.

Key words: mosses, lichens, species diversity, sulfur content.

Reference

1. Bardunov, L. V. Determinant of leaf-stemmed mosses of Central Siberia / L. V. Bardunov. - L.: Nauka, 1969 – 319 p.
2. Borisenko, A. L. Brioflora of Seversk as an indicator of the ecological state of the territory / A. L. Borisenko // Ecological problems and ways to solve them: A collection of scientific works of students. – Tomsk, 2001. – P. 90-106.
3. Gagarina, L. V. Biodiversity and ecology of lichens of urbanized territories / L. V. Gagarina, E. M. Shkraba // Materials of the Region. scientific conf. Students and postgraduates. – Perm, 2007. – P. 192-194.
4. Geological structure of the city of Chelyabinsk. Chapter 2 [Electronic resource]. – Access mode: <https://megalektsii.ru/s74667t3.html> (accessed 12.07.2019).
5. Ibatullin, A. A. Petrophytic mosses of the Middle and Southern Urals / A. A. Ibatullin. – M., 2012. – 34 p.
6. Methodological guidelines for the determination of sulfur in plants and feed of plant origin [Electronic resource] / Moscow: FGNU "Rosinformagrotech", 2004. – 8 p. – Access mode: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293738333> (accessed 10.10.2021).
7. Protection of atmospheric air. Chelyabinsk 2019-2020 Posts of the Chelyabinsk CGMS and OGKU "TSEM" [Electronic resource]. – Access mode: <http://mineco174.ru/htmlpages/Show/OxranaokruzhayushhejsredyCHely/Oxranaatmosfernogovozduxa/Informaciyaosostoyaniiazagryazn/CHelyabinsk2020god> (accessed 2019-2020).
8. Assessment of the quality of atmospheric air in the Chelyabinsk region / Ministry of Ecology of the Chelyabinsk region [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.mineco174.ru/htmlpages/Show/protectingthepublic/2015/2110cenkakachestvaatmosfern> (accessed 2019-2020).

9. Paukov A. G., Trapeznikova S. N. Determinant of lichens of the Middle Urals / A. G. Paukov, S. N. Trapeznikova. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2005. – 207 p.
10. Prudnikova, L. Yu. Brioflora of Yekaterinburg: mosses in the conditions of an industrial megapolis / L. Yu. Prudnikova // Problems of regional ecology. – 2001. – No. 4. – P. 51-62.
11. Rykovsky, G. F. Epiphytic mosses as an ecological group of extreme habitats / G. F. Rykovsky // Problems of briology in the USSR. – L.: Nauka, 1989. – P. 190-200.
12. Satueva, L. L. Atmospheric pollutants and their influence on epiphytic lichens of the urbanized environment [Electronic resource] / L. L. Satueva // Bioeconomics and ecobiopolitics. – 2016. – No. 1. – P. 222-245. – Access mode: <https://moluch.ru/th/7/archive/26/1201/> (accessed 27.09.2020).
13. Flora of the mosses of Russia [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.rus-nature.ru/05moss/index.htm> (accessed 29.08.2019).
14. Chelyabinsk city forest [Electronic resource]. – Access mode: <http://оорт.aari.ru/оорт/Челябинский-городской-бор> (accessed 19.08.2020).
15. Chesnokova, S. M. Lichenoindication of environmental pollution: Practicum / Vladimir State University-Vladimir, 1999. – 38 p.

УДК 556, 57.044

ББК 26.30

БИОГАЗОВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДЫ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ОЗЕР ЮГА ЧЕЛЯБИНСКОЙ ОБЛАСТИ

К.А. Корляков, М.С. Мухлынина

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия.

Исследованы на продукцию метана и углекислого газа высокоминерализованные водоемы Октябрьского, Увельского, Красноармейского районов Челябинской области. Выявлены водоемы с интенсивным метаногенезом. Установлено, что рост продукции CH_4 сопровождается ростом CO_2 . В искусственных органоминеральных комплексах на продукцию CH_4 метана и CO_2 влияет наличие как микробиоты, так и макробиоты.

Ключевые слова: метан, углекислый газ, высокоминерализованные озера.

Введение

Альтернативные источники энергии в последние десятилетия все больше внедряющиеся в сферу общей энергетики также связаны с природными ресурсами. В частности ресурсы биогаза базируются не только на метаногенезе соответствующих бактерий, но и органических ресурсах, которые эти микроорганизмы должны перерабатывать. В свою очередь водоемы Южного Урала богаты запасами донных отложений, которые продуцируют биогаз. Значительную долю этого биогаза в анаэробных условиях составляют метан, сероводород и аммиак, в аэробных – углекислый газ. Озерный фонд Южного Урала располагает также высокоминерализованными водоемами, которые не эксплуатируются в части рыбного хозяйства и аквакультуры (Корляков, Нохрин, 2016; Ивлева, Корляков, 2018). Вместе с тем, залежи илов в данных водоемах могут использоваться в части получения биогаза (Tuboly, 2013; Ржевская, 2016; Юрганов, 2017).

Цель данной работы заключалась в изучении особенностей продукции метана и углекислого газа биотой из воды и донных отложений различных высокоминерализованных водоемов и искусственно сформированных донных отложений.

Материал и методика

Для проведения исследования были собраны пробы воды высокоминерализованных озер Красноармейского, Октябрьского, Увельского районов Челябинской области. Акцент при сборе проб делался на водоемы с высоким содержанием солей, из пресных водоемов, где присутствовала рыба пробы воды и донных отложений не брались.

После сбора материалов исследования данные обрабатывались на базе учебной лаборатории экологии водных сообществ факультета экологии ЧелГУ. Для определения концентрации CO_2 использовался газоанализатор Testo-315-3. Для определения концентрации CH_4 использовался газоанализатор Testo-316-EX. Величины концентрации газов определялись в миллионных долях – ppm. Для начала была измерена норма состава газов для помещения, в котором проводилось исследование. Норма для содержания CO_2 составила 550 – 650 ppm, CH_4 – 0 ppm.

Перед тем как подносить газоанализаторы к пробе, ёмкость с жидкостью тщательно взбалтывали, чтобы повысить интенсивность выхода газа. Для чистоты проводимого исследования локация, в которой измеряли газ, периодически менялась, так как после длительного нахождения в одном помещении там скапливалось много CO_2 и CH_4 , из-за чего данные могли быть не точными. Одновременно с этим определялась доля воды в экспериментальных бутылках. Эксперимент проводился в двух условиях: первый – с водой, второй – с водой и донными отложениями.

Чтобы оценить особенности накопления метана и углекислого газа в искусственных донных отложениях, было подготовлено 9 одинаковых по объёму ёмкостей с различными донными отложениями: обыкновенный (аквариумный) ил, осадок хлореллы, бентонит, песок, торф низинный, торф верховой, ил с трубочником (с добавлением яблока), ил с трубочником (с добавлением картофеля), обыкновенная почва с картофелем. Все контейнеры были залиты водой и экспонировались в состоянии покоя 7 дней для успешной генерации биогазов. После чего, для изучения продукции биогазов, в каждый контейнер добавлялась одинаковая доза картофеля. На следующий день и по истечении 7 дней в каждом контейнере определялась доля метана и углекислого газа.

Это осуществлялось при помощи специальной лопатки – отложения тщательно перемешивались, чтобы выпустить скопившиеся там биогазы. В это время газоанализаторы подносились к ёмкостям и считывались показания.

Для статистической оценки связи между содержанием использовалась непараметрическая корреляция Спирмена (Нохрин, 2018). Расчеты и графические построения выполнены в пакете *KyPlot* (Yoshioka, 2002). Связи считали статистически значимыми при $p > 0,05$, незначимыми – при $p > 0,10$.

Результаты исследования.

В пробах с высокоминерализованной водой концентрация углекислого газа увеличивалась незначительно (табл. 1). Разброс по содержанию диоксида углерода, колебался в пределах 630-1140 ppm, из чего следует, что без достаточного уровня органики CO_2 не может достигать больших значений. Здесь следует отметить, что бутылки с водой из различных водоемов экспонировались без света, но при комнатной температуре составляющей 22-25 °С. Содержание же метана в пробах кардинально отличалось и варьировало от 0 до 23000 ppm. Следует отметить, что в большинстве проб преобладало содержание метана от 0 до 3 ppm. В 6 из 50 проб выявлено очень высокое содержание метана. Так в оз. Горькое за Сукундуком (Красноармейский район) концентрация CH_4 составила 1000 ppm, что соответствует 1% от его содержания в воздухе, в оз. Кулат 2 – 500 ppm (Красноармейский район). В ряде озер Увельского района также были выявлены высокие концентрации метана. В озере Епихино концентрация метана составила 924 ppm, Копанцево – 20000 ppm, Копанцево-1 – 9000 ppm, Копанцево-2 – 7000 ppm, Копанцево-3 – 320 ppm, Горькое – 23000 ppm. Важно отметить, что в озерах Копанцево, Копанцево-1, Копанцево-2 и Горькое были выявлены концентрации превышающие ПДК (6000 ppm) рабочей зоны (ГН 2.2.5.1313-03, 2003). В процессе измерения было замечено в этих пробах небольшое количество взвеси, что могло повлиять на уровень содержания метана. С другой стороны взвесь могла являться следствием метаногенеза при деструкции бактериальной массы и продуктов их метаболизма. Ни в одном водоеме Октябрьского района не выявлены высокие концентрации метана. В свою очередь повышенные концентрации метана в озерах Увельского и Красноармейского районах обнаружены на локальных территориях. Так, в Увельском районе это Хомутининская и Копанцевская группа озер, находящиеся недалеко друг от друга. А в Красноармейском – это юг района, представленный высокоминерализованными водоемами расположенными вокруг озера Треустан.

Так, как концентрация углекислого газа в воде выше, чем в атмосферном воздухе учитывалась степень наполнения бутылки водой, выраженная в % (табл. 1). Данная закономерность подтвердилась при статистической обработке материала. Была выявлена статистически значимая связь роста концентрации углекислого газа с увеличением доли воды в емкости (рис. 1). Статистически значимая связь по Спирмену составила $P=0,0335$.

Самая большая концентрация CO_2 была зарегистрирована при наполненности ёмкости водой в 90 %, но также следует отметить, что в других ёмкостях с такой же наполненностью его концентрации были не велики. При уровне воды в ёмкости до 30% и ниже величины ppm не превышали 910. Концентрация CO_2 больше 800 ppm наблюдалась в ёмкостях, где доля воды составляла 40-90% (табл. 1).

Таблица 1. Выделение биогазов в пробах воды из различных водоемов.

Наименование водоёма	CO_2 (ppm)	CH_4 (ppm)	Минерализация (г/л)	pH	Наполне нность ёмкости водой (%)
Горькое (Бересневка)	650	3	62	8,3	35
Большое Горькое	730	0	22	8,5	95
Горькое (степное) большое	960	1	22	9,2	40
Горькое за Сукундуком	650	1000	125	7,72	40
Епихино (хуторка 4)	630	924	7	-	87
Катай	1140	2	34	8,4	85
Кичкибиз	630	0	18	7,5	75
Кичкибиз 1	760	0	-	8,45	75
Кичкибиз 2	630	0	8	8,57	75
Кичкибиз 2 (№ 2)	1080	1	0	-	70
Кичкибиз 3	640	0	14	8,44	97

Кичкибиз 4	690	0	6	9,48	70
Копанцево (чистое)	630	20000	-	-	97
Копанцево 1 (соленое)	670	9000	10	8,7	95
Копанцево 2 (мезенцево)	630	7000	6	8,3	97
Копанцево 3 (машьянка)	670	320	11	8,65	95
Кулат 2	630	500	35	-	90
Куликово	630	0	-	7,5	60
Нововарламово (Солёное)	930	1	38	9,12	90
Новомосковское маленькое	690	1	5	10,2	10
оз. Увельское	690	0	24	-	40
Окунёво 1	700	1	14	8,59	65
Окунёво 2	850	0	2	8,17	75
Окунёво 3	1040	0	11	6,6	95
Окунёво 4	800	1	-	-	90
Окунёво 5	650	0	2	9,2	75
Окунёво 5 (№ 2)	1330	0	-	8,2	90
Окунёво 6	1000	0	18	7,4	85
Песчаное 1	720	1	3	8,44	40
Песчаное 1 (2)	880	0	12	-	60
Солёное Новомосковское 1	1040	1	9	9,1	40

Солёное Песчаное 1	1130	0	9	-	50
Солёное Песчаное 3	820	1	3	9,09	40
Спорное 1	620	0	2	-	95
Спорное 10	630	0	1	-	97
Спорное 11	620	1	0	-	95
Спорное 2	710	1	2	8,3	95
Спорное 3	720	1	12	8,9	90
Спорное 4	880	0	29	6,5	50
Спорное 5	1005	1	22	6,3	70
Спорное 6	920	1	1	8,06	95
Спорное 8	860	0	1	8,8	80
Спорное 9	910	1	3	6,7	20
Степное 4	1020	0	-	-	50
Хомутино (горькое)	650	23000	19	8,17	60
Хомутино 4 (круглое)	660	0	7	7,95	50
Хомутино Горькое	690	0	19	-	35
Хуторка 1	1050	1	10	8,7	75
Хуторка 3	860	1	5	9,12	10

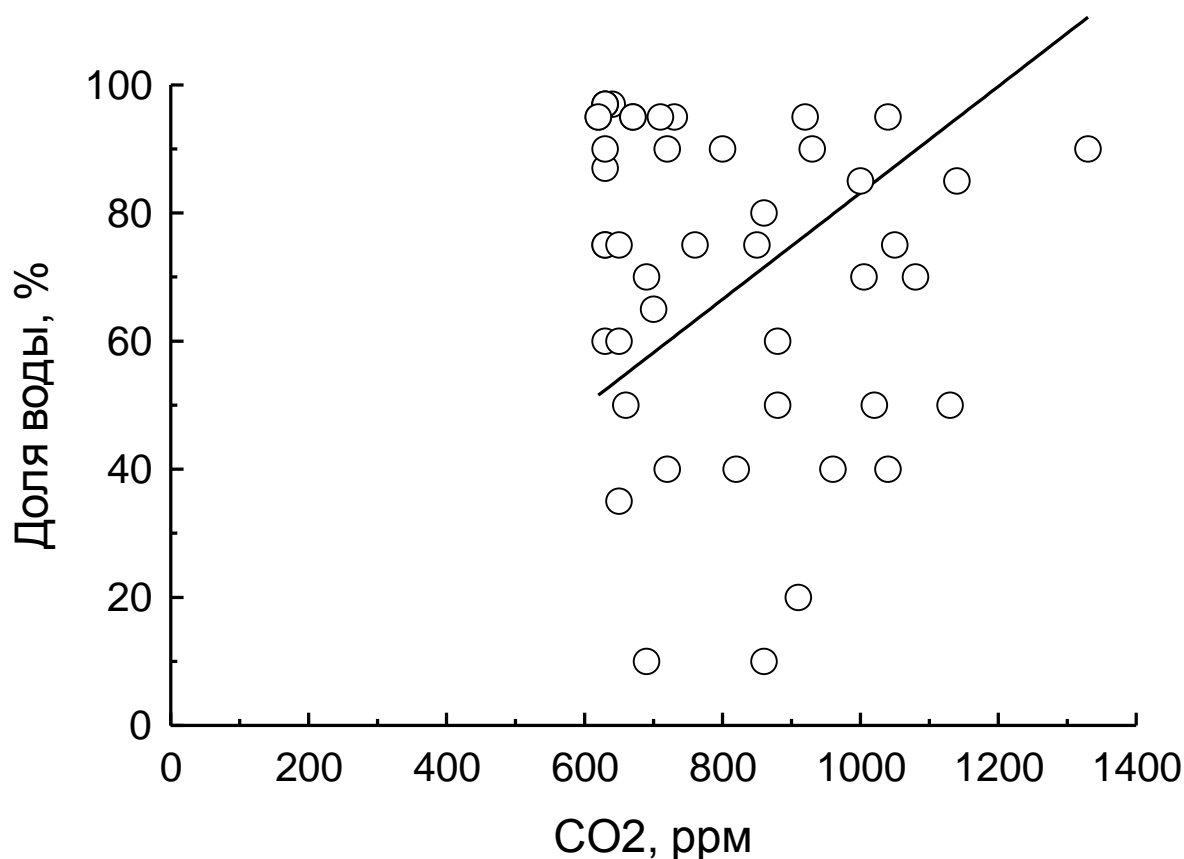


Рис. 1 Соотношение CO₂ и наполненности ёмкости водой.

В таблице № 2 показаны результаты по выделению биогазов из 15 проб, в которых содержалась не только вода из водоёмов, но и донные отложения из этих же озёр. Во всех пробах показатели оксида углерода и метана превышали фоновую норму (CO₂ – 550-650 ppm, CH₄ – 0 ppm). Большой разброс данных получился при измерении CO₂ – 920-2080 ppm. Следует отметить, что соотношение воды и донных отложений различалось незначительно, что не могло повлиять на количество выделяемых биогазов. То же самое следует отметить и про CH₄, содержание которого в 14 из 15 проб составило 1-5 ppm, только в 1 пробе (оз. Журавлиное 2) CH₄ содержалось 18 ppm.

Так же из приведённых в таблице 1 и таблице 2 данных можно сделать вывод, что минерализация и уровень pH не имеет значительного влияния на уровень содержания биогазов. Статистически достоверной связи между данными показателями выявлено не было. При этом метан, составляющий сотни и десятки тысяч ppm, что эквивалентно долям и единицам %, колебался в воде при минерализации 6-35 г/л и один водоем, в котором были

зафиксированы данные величины метана характеризовался максимальными величинами минерализации из выборки составляющей 124 г/л. Также в пробах с илом максимальная концентрация метана (18 ppm) была выявлена в озере с максимальной минерализацией из выборки, которая составила 105 г/л. То есть, по всей видимости, очень высокие величины минерализации (более 100 г/л) способствуют увеличению доли деструкции биоты на протяжении вегетационного периода, что обеспечивает органикой метанпродуцирующую биоту. Показатели pH в озерах с максимальными величинами метана составляли от 7.7 до 8.7, что является средними показателями в исследуемой группе озер. Аналогичная картина была выявлена для углекислого газа.

Таблица 2. Выделение биогазов в пробах с водой и донными отложениями высокоминерализованных озер.

Наименование водоёма	CO ₂ (ppm)	CH ₄ (ppm)	Минерализация (г/л)	pH
Горькая Берсеневка	1450	2	63	-
Горькое Упрун	1620	3	22	7,96
Журавлиное 2	1350	18	105	8,1
Журавлиное 1	1040	5	-	7,88
Копанцево 4	1950	3	8	9
Копанцнво 3	1100	3	11	9
Кривое около Степановки	1740	2	50	7,91
Лаврушено	1050	3	34	7,46
Кулат	2080	5	35	7,5
Окунево 4	1050	2	18	9,07
Оленьчево	1260	2	11	8

Пески	2020	5	14	7,74
Подборное Хомутино	1050	2	17	8,3
Соленое Горькое	920	1	-	8,2
Хомутино 1 (бурматово)	1430	4	7	8,4

Исходя из данных, представленных в таблице № 2 и выраженных в графике, можно сделать вывод, что с повышением уровня диоксида углерода наблюдается и рост концентрации метана (рис. 2). Так, была выявлена корреляция близкая к тенденции к статистической значимости между этими двумя показателями по Спирмену составившая $P=0,166$. Если не считать оз. Журавлиное-2, которое отличалось очень высокой минерализацией воды (102 г/л) то коэффициент корреляции составит $P=0,134$. На графике зависимости метана от диоксида углерода можно увидеть, что точки распределены, за одним исключением этого водоема, равномерно.

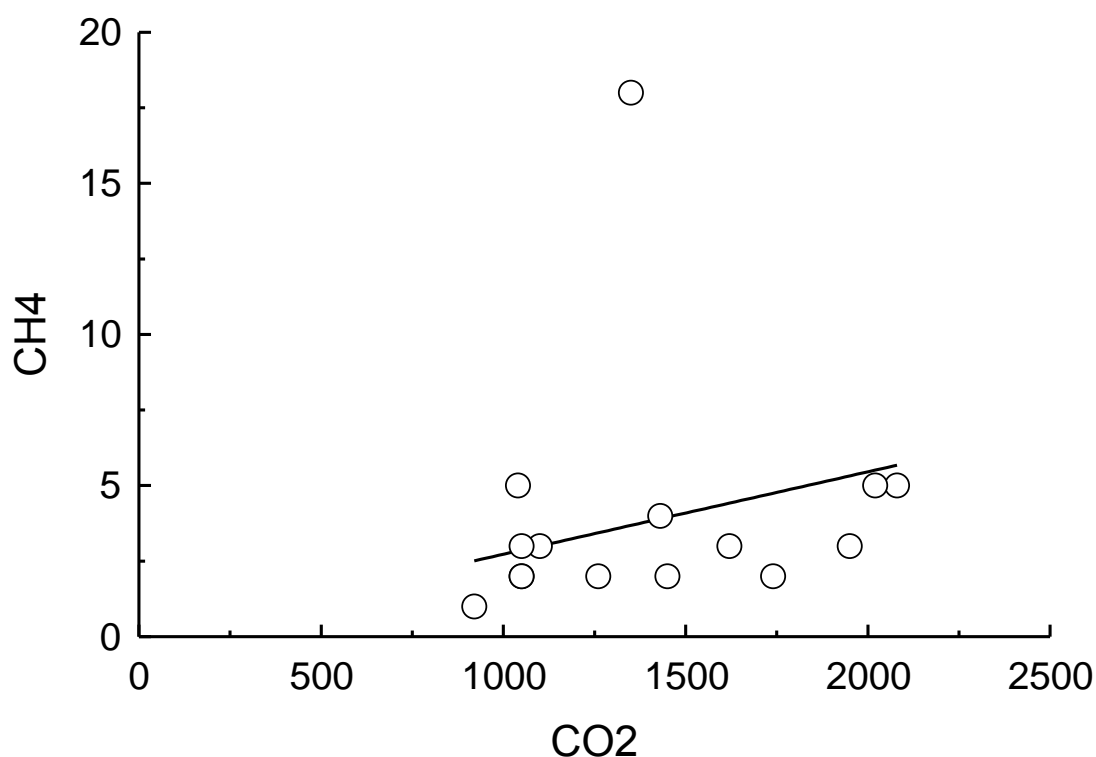


Рис.2 Зависимость концентрации CH_4 от CO_2 в пробах с водой и илами.

Следующим этапом исследований являлось изучение продукции биогазов в искусственно сформированных донных отложениях. В каждый из искусственно помещенных в контейнеры донных отложений добавлялся одинаковый объем картофеля. Первое измерение производилось на следующий день после добавления картофеля, а второе – через неделю. В таблице № 3 можно увидеть, что в 8 из 9 проб показатель диоксида углерода был приближен к норме, только в одной ёмкости с хлореллой, при первом замере, была выявлена повышенная его концентрация – 910 ppm, но при втором замере она пришла в норму (CO_2 – 550-650 ppm, CH_4 – 0 ppm).

В 7 из 9 ёмкостей показатель метана не сильно превышал норму (0-1 ppm). Только в двух пробах (ил с трубочником) была замечена высокая концентрация метана. В иле с трубочником с добавлением яблока – 48 ppm, в иле с трубочником без органики – 409 ppm. Из этого можно сделать выводы, что биогазы выделяются только при попадании в донные отложения органики и в присутствии специализированной к метаногенезу биоты.

Следует отметить, что в обыкновенной почве с добавлением органического вещества, не наблюдалось высоких концентраций биогазов. Тоже самое, наблюдалось в пробах с торфом и илах из аквариума. Можно предположить, что в данных органоминеральных комплексах отсутствовали бактерии, которые бы могли быстро утилизировать органику, выделяя газ.

На таблицы 3 видно, что при втором измерении CH_4 и CO_2 в донных отложениях снизилось, в ёмкостях, где была повышенная их концентрация.

Таблица 3. Выделение газов в пробах с искусственными донными отложениями.

Источник донных отложений	1 измерение		2 измерение	
	CO_2 (ppm)	CH_4 (ppm)	CO_2 (ppm)	CH_4 (ppm)
Ил из аквариума	650	0	660	0
Хлорелла	910	1	650	1
Бентонит	620	0	630	0

Песок	680	0	640	1
Торф низинный	650	1	600	0
Торф верховный	600	1	600	1
Ил с трубочником (с добавлением яблока)	620	48	620	16
Ил с трубочником	650	409	630	14
Почва	630	0	620	0

Заключение

Таким образом, метан продуцируется донными отложениями вместе с углекислым газом, несмотря на то, что один газ окисленный другой восстановительный. Причем, увеличение концентрации одного газа сопровождается увеличением концентрации другого. Наличие ила вместе с водой способствует повышению продукции углекислого газа по сравнению с емкостями с водой и без ила. В искусственных донных отложениях наличие биоты влияет на продукцию углекислоты и метана, причем не обязательно бактериальной микробиоты, но и макроорганизмов: водорослей, червей и т. д. По всей видимости, это обусловлено высокой продукцией секретов макроорганизмов, на которых базируется микрофлора. В искусственных условиях доля воды в емкости влияет на содержание углекислого газа в воздухе, что демонстрирует ведущую роль объема водных масс в стабилизации концентрации углекислоты в воздухе и водной среде. Минерализация и pH не влияют на продукцию метана и углекислого газа. Однако, высокоминерализованные водоемы с содержанием солей выше 100 г/л способствуют повышенной продукции метана. Территориально водоемы с повышенной продукцией метана характеризуются локалитетом – близким расположением друг другу.

Выделены водоемы с высокой (сотни, тысячи и десятки тысяч ppm) продуктивностью метана. Это озера: Горькое (1000 ppm) за Сукундуком и Кулат 2 (500 ppm) в Красноармейском районе. А также озера Чистое (20000 ppm), Соленое (9000 ppm), Мезенцево (7000 ppm), Машьянка (320 ppm),

Горькое (23000 ppm) и Епихино (924 ppm) в Увельском районе. В Октябрьском районе не выявлено ни одного водоема с высокой продуктивностью метана. Здесь следует отметить, что выявленные нами озера с высокой продуктивностью метана расположены вблизи пресноводных болот, но не солончаковых почв. В связи с этим можно предположить, что данные водоемы обогащены метанпродуцирующей биотой попадающей в эти озера через органоминеральные комплексы почв из близлежащих болот.

Список литературы

1. Ивлева, Д.П. Минерализация и фауна солоноватых, соленых и соляных озер эго-востока Челябинской области / Д.П. Ивлева, К.А. Корляков // *Экология, природопользование и ресурсы Урала*. – 2018 г. – № 1. – С. 3-7.
2. Корляков, К.А. Некоторые данные о высокоминерализованных озерах, расположенных к востоку от города Челябинска, как ресурсном фонде гипергалинной фауны и флоры / К.А. Корляков, Д.Ю. Нохрин // *Актуальные вопросы современного естествознания Юного Урала (к 170-летию со дня рождения Ю.К. Шелля): материалы II Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием, 7 декабря 2016 г., Челябинск / под. ред. В.В. Меркер, В.А. Гашек, П.Н. Попкова*. – Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. – 2016. – С.177-181.
3. Нохрин Д.Ю. Лабораторный практикум по биостатистике / Д.Ю. Нохрин. Челябинск: изд-во Челяб. гос. ун-та. – 2018. – 289 с.
4. Ржевская Н. Тепло мерзлоты / Н. Ржевская // *В мире науки*. – 2016. – № 12. – С. 67-73.
5. Юрганов Л.. Метан над Арктикой / Л. Юрганов // *Наука и жизнь*. – 2017. – № 11. – С. 24.
6. Yoshioka K. KyPlot – a user-oriented tool for statistical data analysis and visualization // *Computational Statistics*. – 2002. – V. 17, № 3. – P. 425-437.
7. Tuboly E. Methane biogenesis during sodium azide-induced chemical hypoxia in rats / E. Tuboly, A. Szabó, D. Garab, G. Bartha, A. Janovszky, G. Erős, A. Szabó, A. Mohácsi, G. Szabó, J. Kaszaki, M. Ghyczy, M. Boros // *American Physiological Society*. – 2013. – Vol. 304, №. 2. – P. 207-214.
8. ГН 2.2.5.1313-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. 15-6-2003. Министерство юстиции Российской Федерации.

BIOGAS CHARACTERISTICS OF WATER AND BOTTOM SEDIMENTS OF HIGHLY MINERALIZED LAKES IN THE SOUTH OF THE CHELYABINSK REGION

K. A. Korlyakov, M. S. Mukhlynina
Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

Highly mineralized reservoirs of Oktyabrsky, Uvelsky, and Krasnoarmeysky districts of the Chelyabinsk region were studied for the production of methane and carbon dioxide. The identified bodies of water with intense methanogenesis. It was found that the growth of CH₄ production is accompanied by an increase in CO₂. In artificial organomineral complexes, the production of CH₄ methane and CO₂ is affected by the presence of both microbiota and macrobiota.

Key words: methane, carbon dioxide, highly mineralized lakes.

Reference

1. Ivleva, D. P. Mineralization and fauna of brackish, salty and salt lakes of the ego-east of the Chelyabinsk region / D. P. Ivleva, K. A. Korlyakov // Ecology, nature management and resources of the Urals. – 2018. – No. 1. – P. 3-7.
2. Korlyakov, K. A. Some data on highly mineralized lakes located to the east of the city of Chelyabinsk, as a resource fund of hyperhaline fauna and flora / K. A. Korlyakov, D. Yu. Nokhrin // Actual issues of modern natural science of the Young Urals (to the 170th anniversary of the birth of Yu. K. Schell): materials of the II All-Russian Scientific Conference.- Practical conference with international participation, December 7, 2016, Chelyabinsk / edited by V. V. Merker, V. A. Gashek, P. N. Popkov. – Chelyabinsk: Publishing House of Chelyabinsk State University. – 2016. – P. 177-181.
3. Nokhrin D. Yu. Laboratory workshop on biostatistics / D. Yu. Nokhrin. Chelyabinsk: Publishing house of Chelyabinsk State University. – 2018. – 289 p.
4. Rzhetskaya N. Heat of permafrost / N. Rzhetskaya // In the world of science. – 2016. – No. 12. – P. 67-73.
5. Yurganov L.. Methane over the Arctic / L. Yurganov // Science and Life. – 2017. – No. 11. – P. 24.
6. Yoshioka K. kypplot – a user-oriented tool for statistical data analysis and visualization // Computational Statistics. – 2002. – V. 17, No. 3. – P. 425-437.
7. Tuboly E. Methane biogenesis during sodium azide-induced chemical hypoxia in rats / E. Tuboly, A. Szabó, D. Garab, G. Bartha, A. Janovszky, G. Erős, A. Szabó, A. Mohácsi, G. Szabó, J. Kaszaki, M. Ghyczy, M. Boros // American Physiological Society. – 2013. – Vol. 304, no. 2. – P. 207-214.
8. GN 2.2.5.1313-03. Maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances in the air of the working area. 15-6-2003. Ministry of Justice of the Russian Federation.

УДК 574.522

ББК 28.082

ЭМБРИОГЕНЕЗ ЧИРА (*COREGONUS NASUS*) СОБРАННОГО В НИЗОВЬЯХ РЕКИ ОБЬ И ИНКУБИРОВАННОГО В ИСКУССТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО ЗАУРАЛЬЯ

К.А. Корляков, В.В. Храмцова

ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск, Россия.

Изучен эмбриогенез чира в привезенного с верховьев реки Обь и инкубированного в воде из реки Миасс Южного Урала. Установлено, что чир развивается медленней по сравнению с другими точками ареал, при этом почти на месяц опережает развитие пеляди инкубированной в тех же условиях. Наибольший отход (10%) наблюдался в январе-феврале, за 1-2 месяца до выхода личинки. Нарастание задержки развития наблюдалось, начиная с декабря и достигнув максимума (60%) в феврале.

Ключевые слова: чир, эмбриогенез, Обь, Южное Зауралье.

Введение

Чир – ценный промысловый объект на территории России, но в Челябинскую область вид завозится для выращивания из северных районов страны. Небольшая численность его популяции в низовьях Оби актуализирует работы по искусственному воспроизводству ценного вида и эксплуатацию маточных стад. (Решетников, 1980; 1988; Богданов, 2019). Вторым важным аспектом рыбохозяйственного использования чира является эффект гетерозиса, который проявляется у его гибридов с пелядью. Если процесс интродукции пеляди с верховий Оби и инкубация икры в водоемах Южного Зауралья отработана, то особенности эмбриогенеза чира и биотехнология его воспроизводства апробированы в меньшей степени и не описаны в литературе. Так, как маточных стад чира в Южном Зауралье нет, а его гибриды с пелядью используются в товарном рыбоводстве, изучение особенностей развития его икры является очень актуальным. В связи с чем,

целью нашей работы являлось изучение процесса эмбриогенеза чира в искусственных условиях – инкубационных аппаратах.

Материал и методика

Сбор икры чира осуществлялся в низовьях реки Обь сотрудниками предприятия ООО «Экспериментатор» в октябре 2019 г. Искусственное оплодотворение икры проводили традиционным «сухим» способом там же. Икру транспортировали в изотермических контейнерах в город Челябинск. Инкубировали в аппаратах Вейса на производственной базе ООО «Экспериментатор». Вода для инкубации собиралась из пруда, наполненного из реки Миасс, после сбросы из Шершневого водохранилища. Наблюдение за развитием икры чира производилось с помощью бинокля МБС-10 в период с 14 ноября 2019 года по 17 марта 2020 в городе Челябинске. Раз в месяц производилось отслеживание стадий развития икры рыб. Выборка для подсчета стадий зрелости составляла 200 икринок. Пипеткой набиралась порция икры и помещалась в чашку Петри. Далее чашка Петри ставилась под бинокль МБС-10, настраивалась четкость и делались снимки на высоком приближении. Фотографии делались следующим образом: направляли камеру на окуляр, регулировали четкость и фотографировали. Обсчет икры производился по ранее сделанным фотографиям. Стадии зрелости икры определялась по руководству, изложенному в статье Р.Р. Юсупова и И.А. Болотина «эмбриональное развитие Чира р. Анадырь в условиях рыбоводного завода» (2009).

Результаты исследования

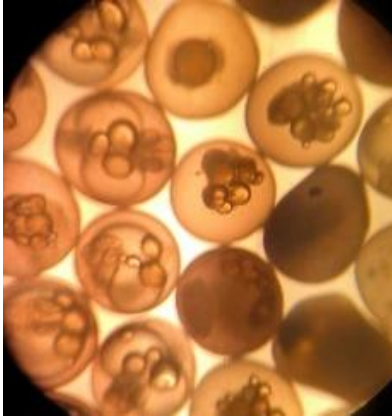
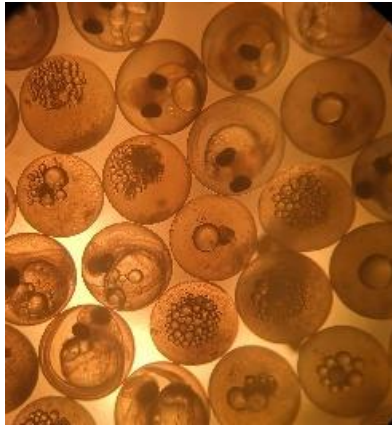
В следующем месяце после сбора – ноябре, наблюдалось нормальное развитие икры составляющее 95 % (табл.). Далее, к февралю зрелость снижалась, после чего опять наблюдалось нормальное развитие (рис.). Снижение доли нормального развития икры в феврале может быть обусловлено повышением температуры воздуха на улице, и как следствие в инкубационном цехе. Другим фактором, влияющим на увеличение смертности эмбрионов в феврале, может служить резкая метаболическая перестройка и формирование функционально сложных органов. В связи, с чем следует более детально рассмотреть стадии развития икры. В середине декабря происходило формирование глазных бокалов, что соответствует 2 месяцам с момента


оплодотворения (табл.). Тогда, как у чира р. Анадырь эта стадия наступает на 27 сутки (Юсупова, Болотин, 2009). Начало пульсации сердца, плавников и хрусталика глаза наблюдалось через 3 месяца – в январе. У чира реки Анадырь данная стадия наступала на 40-45 сутки. При этом пигментные клетки глаза у чира из Оби наблюдались лишь через 4 месяца – в середине февраля. В это же время голова отходит от желточного мешка, у чира реки Анадырь данная стадия наблюдается на 55 сутки. Через 5 месяцев – в марте уже начал происходить массовый выклев личинки (табл.). Выклев чира реки Анадырь также инкубировавшегося в аппаратах вейса происходил через 3.5 месяца (Юсупова, Болотин, 2009). Исходя из данных, собранных в таблице и на графике, можно сделать выводы, что на протяжении 5 месяцев в каждом месяце отход икры был 5-10%. А развитие нормальной икры колебалось, возможно, потому что падала или поднималась температура на 1-2°C, тогда как скорость развития эмбрионов увеличивалась, а выживание снижалось. Вместе с тем, данные Р.Р. Юсупова и И.А. Болотина (2009) свидетельствуют о нормальном развитии эмбрионов даже при повышении температуры до 5-6°C.

Несмотря на то, что в процессе инкубации удалось задержать развитие икры чира, массовый выход личинки начался во второй половине марта. Это в среднем на месяц опережает вскрытие от льда озер Южного Зауралья, что в свою очередь затрудняет выпуск личинок в водоемы. Техническими решениями могут служить подращивание в ваннах с подкормкой личинки перед запуском в водоемы, а также температурное затягивание процесса инкубации в аппаратах вейса.

Таблица. Описание развития стадий икры чира (*Coregonus nasus*).

Дата наблюдения	Особенности развития стадий икры	Фото
14 ноября 2019 г	<p>ВСЕГО: 200 икринок</p> <p>95% - развитие нормальное, процесс гастрюляции и эпиболии</p> <p>5% - неоплодотворенная икра</p>	

<p>12 декабря 2019 г</p>	<p>ВСЕГО: 180 икринок (икринки больше в 1,5 раза)</p> <p>70% - сформировались глазные бокалы, замыкание желточной пробки</p> <p>25% - отсталое развитие, в следствие, гибель личинки</p> <p>5% - отход</p>	
<p>17 января 2020 г</p>	<p>ВСЕГО: 190 икринок</p> <p>60% - начало пульсации сердца (60 ударов в минуту), формируются плавники (0,2-0,4 мм), видны жаберные крышки, сформировался хрусталик глаза, реагирует на свет и тепло</p> <p>30% - развитие отсталое</p> <p>10% - отход</p>	
<p>18 февраля 2020 г</p>	<p>ВСЕГО: 260 икринок</p> <p>30% - видны пигментные меланофоры, в глазах тела появились иридоциты, голова отошла от желточного мешка</p> <p>60% - отсталое развитие</p> <p>10% - отход</p>	

17 марта 2020 г	Личинка 3-х дневная 100%, размер 0,8 – 1,0 см	
-----------------	--	---

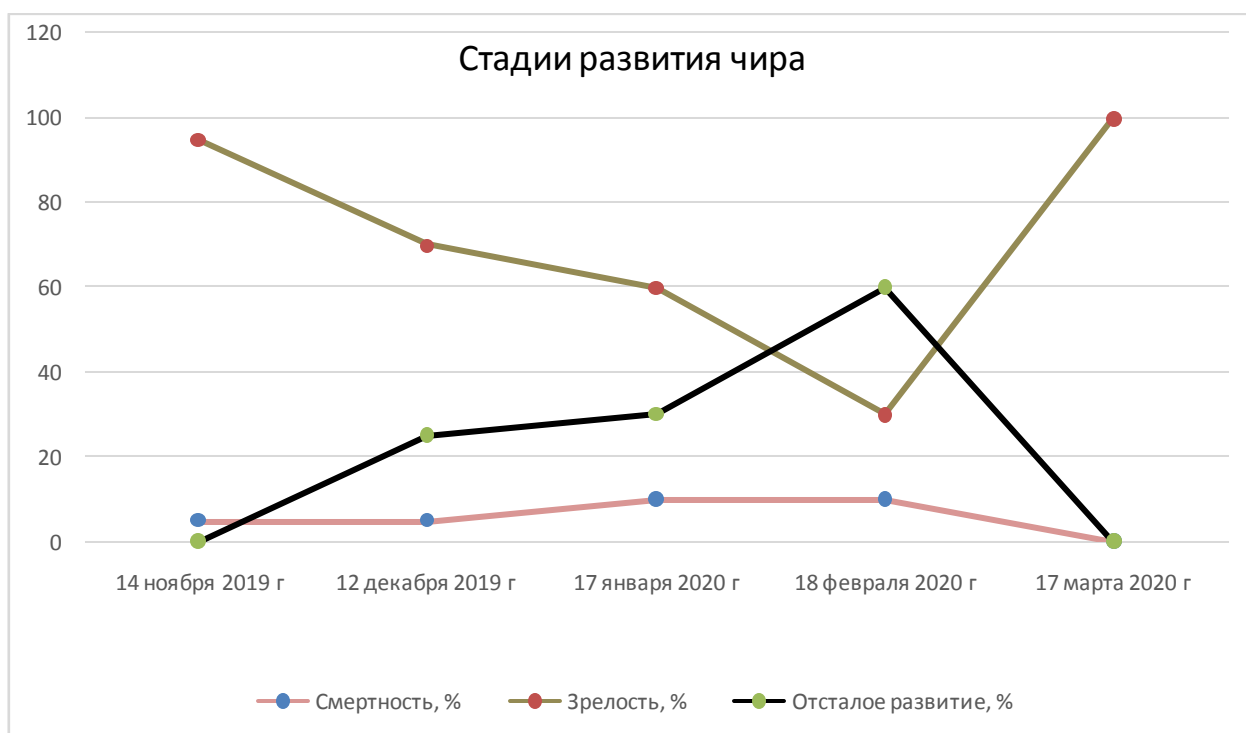


Рис. Динамика развития икры чира (*Coregonus nasus*).

ВЫВОДЫ

1. Эмбриогенез чира в условиях инкубирования в воде из р. Миасс был затянут и отставал от развития данного вида в других точках ареал. Вместе с тем, по сравнению с пелядью чир развивался наоборот быстрее.
2. Наибольший отход (10%) наблюдался в январе-феврале, за 1-2 месяца до выхода личинки. Нарастание задержки развития наблюдалось, начиная с декабря и достигнув максимума (60%) в феврале.

3. Более ранний выход личинки чира за месяц до вскрытия от льда озер Южного Зауралья затрудняет выпуск личинок в водоемы. Техническими решениями могут служить подращивание в ваннах с подкормкой личинки перед запуском в водоемы, а также температурное затягивание процесса инкубации в аппаратах вейса.

Список литературы

1. Богданов В.Д. Морфологические особенности развития и определитель личинок сиговых рыб Оби. / В.Д. Богданов. Екатеринбург, Уральское отделение РАН, 1998. – 56 с.
2. Решетников Ю.С. Экология и систематика сиговых рыб. / Ю.С. Решетников. М.: Наука, 1980. – С.170-171.
3. Решетников Ю.С. Биология сиговых рыб / Ю.С. Решетников. Л.: Наука, 1988. – 250 с.
4. Юсупов Р.Р. Эмбриональное развитие чира COREGONUS NASUS р. Анадырь в условиях рыбоводного завода / Р.Р. Юсупов, И.А. Болотин // Вестник СВНЦ ДВО РАН. – 2009. – № 1. – С. 57-61.

EMBRYOGENESIS OF CHIR (COREGONUS NASUS) COLLECTED IN THE LOWER REACHES OF THE OB RIVER AND INCUBATED IN ARTIFICIAL CONDITIONS OF THE SOUTHERN TRANS-URALS

K. A. Korlyakov, V. V. Hramtsova
Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

The embryogenesis of chir b brought from the upper reaches of the Ob River and incubated in water from the Miass River in the Southern Urals was studied. It was found that chir develops more slowly in comparison with other points of the range, while almost a month ahead of the development of peled incubated under the same conditions. The greatest departure (10%) was observed in January-February, 1-2 months before the larva release. An increase in developmental delay was observed, starting in December and reaching a maximum (60%) in February.

Key words: chir, embryogenesis, Ob, Southern Trans-Urals.

Reference

1. Bogdanov V.D. Morphological features of the development and the determinant of the larvae of whitefish Ob. / V. D. Bogdanov. Yekaterinburg, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 1998. – 56 pp.
2. Reshetnikov Yu.S. Ecology and systematics of whitefish. / Yu.S. Reshetnikov. M.:Nauka, 1980. – P. 170-171.
3. Reshetnikov Yu.S. Biology of whitefish / Yu.S. Reshetnikov. L.: Nauka, 1988 – 250 pp.
4. Yusupov R.R. Embryonic development of chira COREGONUS NASUS R. Anadyr in the conditions of a fish hatchery / R.R. Yusupov, I.A. Bolotin // Vestnik SVNTS FEB RAS. – 2009. – No. 1. – P. 57-61.

УДК 57.044, 556
ББК 26.222

ГИДРОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ГОРОДА ЧЕЛЯБИНСКА

Е.С. Деева

*ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет», Челябинск,
Россия.*

Изучены гидрохимические показатели малых водоемов города Челябинска. Установлено, что большинство ионов в малых водоемах города Челябинска находятся в пределах нормативов ПДК. Наибольшее количество показателей с превышением ПДК было выявлено в водоеме без рыбы, что делает ихтиофауну значимым фактором биоиндикации.

Ключевые слова: химический анализ, ионы, оз. Даренка, пруд Девичьи слезы, Ленинский район, Советский район.

Введение

Большие пресные озера города Челябинска достаточно изучены, что можно увидеть в работах [1, 2, 3]. Однако, в 21 веке гидрохимические исследования проводятся все реже и некоторые данные уже не столь достоверны. К тому же объектами выбираются, в основном, большие водоемы. Это привело к тому, что о многочисленных малых водоемах Челябинска мало что известно, кроме морфометрических показателей. Попытки описать малые водоемы уже были предприняты, но не в Челябинске.

По водным объектам города Челябинска мало информации, а по небольшим прудам и водоемам ее вовсе нет. Исходя из этого, актуальность данного исследования заключается в пополнении научной базы данных о гидрологических объектах города Челябинска.

Материалы и методы

Для проведения исследования были взяты четыре малых водоема города Челябинска: пруд Девичьи слезы, озеро Даренка и 2 водоема расположенные на перекрестке улиц Троицкая и Профинтерна в Советском районе.

Исследования проводились в лаборатории факультета экологии Челябинского государственного университета в период с сентября по ноябрь

2019 года. Изучение гидрохимического состава воды определялось методом титриметрического анализа и капиллярного электрофореза Капель 104Г.

Результаты исследования

Пруд Девичьи слезы расположен в Ленинском районе. Форма водоема почти круглая, берега высокие, голые, с восточной стороны пологие и покрыты песком. Акватория сильно заболочена. Вода пресная. Дно илистое, однако со стороны песчаного берега больше макрофитов. Длина чуть больше 100 м, ширина 90 м. Максимальная глубина около 10 м. В пруду водится ротан, по некоторым данным, карась. Зимой водоем покрывается льдом (рис. 1). Гидрохимический состав воды пруда Девичьи слезы приведен в таблице № 1.



Рис. 1. Карта пруда Девичьи слезы (источник: Google maps).

Таблица 1. Концентрации ионов в пруду Девичьи слезы

Компонент	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
Анионы		
Cl ⁻	42,04	300
SO ₄ ²⁻	102,8	100
Катионы		

Na^+	20,25	120
Ca^{2+}	15,15	180
Mg^{2+}	10,79	40

Озеро Даренка в Ленинском районе с течением времени разделилось на 2 части. Берега пологие, но к обеим частям озера сложно подобраться из-за обилия растительности и мусора, образовавшегося в следствии непосредственной близости к частному сектору. Дно илистое, близь берегов глинистое (рис. 2). Гидрохимический состав воды озера Даренка приведен в таблице № 2.

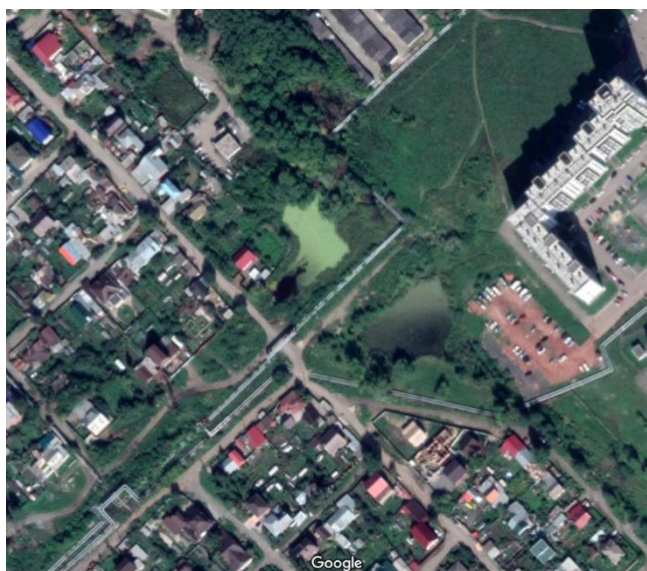


Рис. 2. Карта озера Даренка (источник: Googlemaps).

Таблица 2. Концентрации ионов в оз. Даренка

Компонент	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
Анионы		
Cl^-	38,80	300
NO_3^-	0,8075	40
SO_4^{2-}	23,94	100
Катионы		

K^+	2,749	50
Na^+	10,75	120
Ca^{2+}	17,73	180
Mg^{2+}	3,809	40
NH_4^+	0,2282	0,5

Еще два водоема, названия которых неизвестны, а потому были обозначены как Водоем № 1 и Водоем № 2, расположены на перекрестке улиц Троицкая и Профинтерна в Советском районе города Челябинска, на расстоянии около 20 м друг от друга.

Водоем № 1 расположенный на перекрестке улиц Троицкая и Профинтерна в Советском районе – это маленькое неглубокое озеро прямоугольной формы. Ширина 15 м, длина почти 40 м. В воде обитает ротан (рис. 3).

Водоем № 2 также расположенный на перекрестке улиц Троицкая и Профинтерна в Советском районе имеет чуть большие объемы, чем предыдущий водоем. Является эвтрофным водоемом с характерным запахом сероводорода. Рыбы в воде не обнаружено. Поверхность воды приобрела зеленый цвет из-за обильной зарастаемости. Длина чуть больше 60 м, а ширина около 20 м. Форма озера вытянутая, очертания напоминают стопу (рис. 3). Данные по гидрохимическому составу воды озера Водоемов № 1 и № 2 приведены в таблицах № 3 и 4 соответственно.



Рис. 3. Карта Водоема № 1 – слева и Водоема № 2 – справа (источник: Google maps).

Таблица 3. Концентрации ионов в Водоеме №1 (с ротаном).

Компонент	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
Анионы		
Cl ⁻	74,26	300
NO ₃ ⁻	6,310	40
SO ₄ ²⁻	68,14	100
Катионы		
K ⁺	1,808	50
Na ⁺	26,61	120
Ca ²⁺	36,62	180
Mg ²⁺	17,27	40

Таблица 4. Концентрации анионов в Водоеме №2 (без ротана).

Компонент	Концентрация, мг/л	ПДК, мг/л
Cl	70,70	300
NO ₃ ⁻	1,663	40
SO ₄ ²⁻	1,916	100

После проведения титрования вычислили общую жесткость и щелочность. А на основе данных по щелочности нашли количество содержащихся в воде гидрокарбонатов представленных в таблице № 5.

Таблица 5. Данные по титрованию малых водоемов г. Челябинска

Водоем/ показатель	Пруд Девичьи слезы	Озеро Даренка	Водоем №1	Водоем №2
Общая щелочность	3,936 ммоль/л	2,592 ммоль/л	5,664 ммоль/л	12,864 ммоль/л
Концентрация НСO ₃ ⁻	240,096 мг/л	158,112 мг/л	345,504 мг/л	784,704 мг/л
Общая жесткость	4,4 мг-экв/л	3,3 мг-экв/л	8,5 мг- экв/л	10,6 мг- экв/л

Превышение нормативов жесткости, щелочности и концентрации гидрокарбонатов было выявлено в единственном водоеме на пересечении улиц Троицкая и Профинтерна, где отсутствует рыба. Во втором водоеме на пересечении этих улиц, где присутствует ротан, нормативы были превышены только по жесткости, тогда как остальные показатели были в пределах нормы. В озерах Даренка и Девичьи слезы превышений нормативов не выявлено.

Следует также отметить, что превышений нормативов ПДК основных ионов в малых водоемах города не выявлено, тогда как превышение нормативов по хлоридам, сульфатам и магнию зачастую отмечаются в крупных водоемах прилегающих к городу: Смолино, Первое и Второе озера.

Заключение

В ходе исследования было установлено, что большинство ионов в малых водоемах города Челябинска находятся в пределах нормативов ПДК. По результатам анализа выявлено, что концентрация сульфатов (SO₄) незначительно превышает (на 2,8 мг/л) ПДК в пруду Девичьи слезы. Это может свидетельствовать о наличии загрязняющих стоков или о процессе отмирания водных растительных или животных организмов. В водоемах №1 и №2 Советского района превышен показатель ПДК по жесткости воды. В водоеме без рыбы выявлены превышения нормативов жесткости, щелочности и гидрокарбонатов. Малые водоемы по гидрохимическим особенностям загрязнены менее, чем крупные (озера Смолино, Первое, Второе), из-за низкой антропогенной нагрузки и проблема состоит лишь в их заболачивании из-за отсутствия течений, необходимых для водообмена и аэрации.

Список литературы

1. Андреева М. А. Озера Среднего и Южного Урала. [Текст] / М. А. Андреева. – Челябинск: Юж.-Урал. кн. изд-во, 1973. – 272 с.
2. Комплексный доклад о состоянии окружающей природной среды Челябинской области в 2019 [Текст]/ Челяб. обл. ком. по экологии и природопользованию. - Челябинск. - 2020. - С. 242. (Дата обращения: 05.12.2020)
3. Черняева Л. Е. Гидрохимия озер: Урал и Приуралье [Текст] / Л. Е. Черняева, А. М. Черняев, М. Н. Еремеева. – Л.: Гидропрмиздат, 1977. – 335 с.

HYDROCHEMICAL FEATURES OF SMALL RESERVOIRS OF THE CITY OF CHELYABINSK

E. S. Deeva

Chelyabinsk State University, Chelyabinsk, Russia

Hydrochemical parameters of small reservoirs of the city of Chelyabinsk were studied. It is established that the majority of ions in small reservoirs of the city of Chelyabinsk are within the limits of the MPC standards. The largest number of indicators exceeding the MPC was found in the reservoir without fish, which makes the ichthyofauna a significant bioindication factor.

Keywords: chemical analysis, ions, lake Darenka, pond Maiden tears, Leninsky district, Sovetsky district.

Reference

1. Andreeva M. A. Lakes of the Middle and Southern Urals. [Text] / M. A. Andreeva. Chelyabinsk: Yuzh. – Ural. kn. izd-vo, 1973. – 272 p.
2. Comprehensive report on the state of the environment of the Chelyabinsk region in 2019 [Text] / Chelyabinsk region. com. on ecology and nature management. – Chelyabinsk. – 2020. – p. 242. (Accessed: 05.12.2020)
3. Chernyaeva L. E. Hydrochemistry of lakes: the Urals and the Urals [Text] / L. E. Chernyaeva, A.M. Chernyaev, M. N. Ereemeeva. – L.: Gidroprimizdat, 1977. – 335 p.