

Сведения о выполненных работах в 2022 году

по проекту **«Механизмы формирования гидрохимического стока Оби: регулирующая роль поймы»**, поддержанному Российским научным фондом
Соглашение № 18-17-00237

Руководитель Воробьёв Сергей Николаевич, канд. биол. наук

1. Определен метагеномный состав консорциума водорослей и гетеротрофных микроорганизмов в контрастных по эмиссии CO₂ водоемах поймы, экспериментальных микрокосмах и лабораторных экспериментах по деструкции РОВ. Молекулярно-генетические исследования выполнялись в лаборатории экологии, генетики и охраны окружающей среды Томского государственного университета. Данные получены с помощью секвенатора oxford Nanopore MinION. Анализ данных выполнялся в среде Unipro UGENE с помощью программ Kraken 2 с базой MiniKraken, CLARK с базой бактериальных и вирусных последовательностей и DIAMOND с базой UniRef50. Выявлено, что биоразнообразие Cyanobacteria в водоемах с низкой эмиссией CO₂ значительно выше, чем в водоемах с высокой эмиссией CO₂.

Кроме того, видовой состав водорослей определен классическими методами специалистами Омского государственного аграрного университета им. П.А. Столыпина Н.Н. Барсуковой и О.П. Баженовой. Установлено, что большинство видов, разновидностей и форм водорослей и цианопрокариот озер относится к широко распространенным видам – космополитам (15 таксонов или 88,0 % от общего количества видов, для которых известно географическая приуроченность), которые встречаются в водоемах и водотоках всех широт. Остальные представители ввиду малого их количества в составе фитопланктона, заметной роли не играют.

По отношению к активной реакции воды в фитопланктоне обследованных озер преобладают индифференты (4 таксона рангом ниже рода или 44 %) и алкалифилы (3 видовых и внутривидовых таксона или 33%, от общего количества видов с известным отношением к pH воды). Количество остальных видов-индикаторов с известным отношением к pH воды небольшое. По отношению к сапробности в фитопланктоне озер преобладают бета-мезосапробионты (10 таксонов или 53 % от общего количества видов, для которых известно отношение к загрязнению), которые являются обитателями вод, относящихся к классу удовлетворительной чистоты и говорят о слабой степени загрязненности воды.

2. Выполнены натурные манипуляционные эксперименты и лабораторные инкубационные опыты. Натурные манипуляционные эксперименты по выщелачиванию ОВ из разных типов затопляемой растительности и его деструкции проведены в течение вегетационного периода в микрокосмах, размещенных на стационаре ТГУ «Кайбасово».

В лабораторных экспериментах использовали девясил иволистный (*Inulasa liscina*L.), осоку раннюю (*Carex praescox*) и канареечник (*Phalaris*), которые были собраны в пойме реки Обь недалеко от научно-исследовательской станции

ТГУ Кайбасово. Фильтрат этих трав был приготовлен путем взаимодействия сухого материала со стерильной водой. Для проведения экспериментальных работ использованы накопительные культуры микроводорослей поймы средней Оби и отдельные культивированные виды бактерий.

Для всех фильтратов исследуемых растений отмечено значительное влияние консорциума водорослей, распространенных в пойме Оби, на электропроводность: за время эксперимента она значимо снизилась. Водные фильтраты доминирующих растений поймы могут выступать в качестве важного источника питательных веществ для консорциума. Скорость биодеструкции снижается в ряду осока-канареечник-девясил. Накопительная культура водорослей, распространенных в озерах поймы Оби, значимо изменяет структуру органического вещества фильтратов растений.

В результате жизнедеятельности культур микроорганизмов в фильтрате девясила электропроводность фильтрата увеличивается, причем более интенсивно работает культура *Mycobacterium pylosphaerae* штамма WK4, а под влиянием *Pseudomonas jessenii* штамма WK1 изменения не так сильны. Под влиянием культур бактерий изменения состава органического вещества в фильтратах растений незначительны, однако спектральный коэффициент $E2/E3$ в фильтратах с помещенными в них культурами бактерий всегда был несколько выше, чем в контроле, что может быть признаком биodeградации органических веществ и снижения молекулярного веса органических фильтратов под воздействием исследованных бактериальных штаммов.

3. Определен вклад фитопланктона (автохтонное ОВ) и терригенного ОВ (аллохтонное ОВ, включая продукты его трансформации в процессе микробиологического разложения) в формировании пула растворенного органического вещества контрастных по эмиссии CO_2 водоемах поймы и, в соответствующие потоки FCO_2 в атмосферу (на основе графика Киллинга).

Разделение потоков CO_2 и CH_4 из разных источников и количественная оценка вклада каждого из них базируется на подходе с построением зависимости отношений стабильных изотопов $d^{13}C-CO_2$ от их обратных концентраций (Keeling plot). Для метана использовался модифицированный метод – зависимость отношения произведения содержания стабильных изотопов ($d^{13}C-CH_4$) и концентрации метана от его концентрации – метод Миллера-Танса (Miller-Tans). Исходя из известной величины изотопного состава этих газов в атмосфере можно судить о характере источника, его вкладе и/или минерализационных процессах, определяющих изотопный состав продуцируемых парниковых газов. Величина $d^{13}C$ для смешанного источника CO_2 в эмиссионном потоке с поверхности озер зимой составила $-25,0 \pm 5,2 \text{ ‰}$ ($-20,1 - -32,9 \text{ ‰}$), в весенний период $-26,4 \pm 8,0 \text{ ‰}$ ($-20,8 - -40,4 \text{ ‰}$) и $-21,6 \pm 1,8 \text{ ‰}$ ($-19,5 - -23,5 \text{ ‰}$) в осенний. Следует однако отметить, что за исключением сильно обедненных величин в оз. Домашнее в зимний период ($-32,9 \text{ ‰}$) и оз. Кривое в весенний ($-40,4 \text{ ‰}$), выделяющийся CO_2 с водной поверхности более обогащен тяжелым изотопом ($-19,5 - -24,1 \text{ ‰}$), чем референсная величина аллохтонного органического вещества (-27 ‰). Данный факт предполагает поглощение более

легкого CO₂ в процессах, протекающих в водной толще. Тем не менее, эти величины существенно ниже глобальных атмосферных значений, варьирующих от -9.5 ‰ в зимний период до -8.8 ‰ в летний. На локальном уровне, в атмосфере, где отбирались образцы воздуха, наблюдались более низкие величины – -16 ‰ в зимний период и -12 ‰ в летний и осенний, что свидетельствует о значительном вкладе эмиссионных потоков.

Значения $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ в эмиссионном потоке с поверхности озер варьировали от -49,6 до -74,7 ‰. Наименьшую пространственную вариацию озера продемонстрировали в зимний период (-61,5 – -63,8 ‰). В весенний и осенний период амплитуда изменчивости изотопного состава метана ($\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$) составила -49,6 – -67,6 ‰ и -58,3 – -74,5 ‰, соответственно. Очевидно, что облегчение $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ в смешанном источнике метана выделяющегося с водного зеркала озер имеет биогенное (метаногенное) происхождение. Исходя из полученных зависимостей между изотопным составом CO₂ и CH₄, можно судить о преимущественно метил-редуцирующем метаболическим пути метаногенеза в озерах. Лишь в осенний период в оз. Инкино и Домашнее выявлено участие гидрогенотрофных метаногенов. В глобальной атмосфере $\delta^{13}\text{C}-\text{CH}_4$ варьирует в пределах -47 – -49 ‰, тогда как на локальном уровне выявлено крайне низкие значения в зимний период (-59 – -83 ‰) и -51 – -63 ‰ в весенний и летний периоды.

4. Уточнена балансовая модель водных объектов поймы, с учетом водных объектов с высоким содержанием органического вещества и малыми величинами эмиссии в атмосферу, используя круглосуточные измерения. Для построения модели затопления поймы использована программа HecRAS, модель рельефа <https://global.jaxa.jp/> и информация <https://gmvo.skniivh.ru/>. Расчеты выполнены с использованием модуля Spatial Analyst Tools → map algebra → raster Calculator ArcGIS 10.0. Проведена верификация модели на основе космоснимков, находящихся в свободном доступе на портале <https://earthexplorer.usgs.gov/>. В ходе выполнения работ были использованы снимки Landsat Collection 1, 2, со спутников Landsat 1-8. Модель применима для подсчёта эмиссии CO₂ в период паводка.

5. Проведена типизация пойменных водоемов по их пригодности для целей рыболовства и рыбозаведения. Проведена типизация пойменных водоемов по их пригодности для целей рыболовства и рыбозаведения. При типизации пойменных водоемов учтен химический состав, размеры, преобладающие глубины, интенсивность зарастания высшей водной растительностью, состояние кормовой базы рыб, их видовой состав и др. показатели