

Сведения о выполненных работах в 2019 году
по проекту **«Механизмы формирования гидрохимического стока Оби:
регулирующая роль поймы»**, поддержанному Российским научным фондом
Соглашение № 18-17-00237

Руководитель канд. биол. наук Воробьев Сергей Николаевич

Исследования биогеохимических свойств реки Обь, малых рек и пойменных озер проводились в среднем течении р. Оби, в районе научно-исследовательской станции «Кайбасово» Томского государственного университета. Получены данные о миграции органического вещества в пойме в период паводка с использованием крупномасштабной съемки в оптическом и ИК диапазоне с беспилотных летательных аппаратов. Для съемки динамики водной поверхности водосборов и поймы использовался квадрокоптер и дельталет. Результаты полетов показали, что снимки в оптическом диапазоне дают резкие, контрастные границы смешивания вод Оби и затопленной поймы. Для составления термограмм поймы использовалась тепловизионная съемка с дельталета.

В ходе выполнения проекта впервые получены данные интенсивностей потоков газов CO₂ и CH₄ камерным методом в разных водных объектах поймы средней Оби в основные фазы водного режима. Средние потоки CO₂ в русле Оби ($4 \pm 5,1$ г С м²) были выше, чем в водных объектах поймы ($1,1 \pm 3,2$ г С м²). Средние потоки CH₄, наоборот, были немного ниже в русле Оби ($0,02 \pm 0,02$ г С м²) ($0,02 \pm 0,02$ г С м²) по сравнению с поймой. Потоки CO₂ и CH₄ показали сезонные различия с максимумом в летние периоды для русла Оби (CO₂: от $4,6 \pm 4,1$ г С м² в мае до 8 г С м² в июне; CH₄: $0,014$ г С м² в мае), а также для поймы (с $0,02 \pm 1,7$ г С м² в мае до $8,9 \pm 6,3$ г С м² в июле; CH₄: с $0,03 \pm 0,02$ г С м² в мае до $0,09 \pm 0,02$ г С м² в июле).

Выявлено, что в маловодный год суммарная годовая эмиссия Оби была в 5 раз больше, чем пойменных водоемов. Интересно, что пойма показала очень низкую эмиссию углерода с тенденцией снижения ее в начале паводка. Русло Оби, в то же время, было постоянным источником углерода в атмосферу. Это свидетельствует о сильном эффекте разбавления при больших поступлениях воды, достигающей поймы, а также дополнительных поступлениях талой воды из окружающего ландшафта. С наступлением летних базисных условий роль поймы становится более важной. Потеряв почти половину водного покрытия, пойма теряет прямую связь с основным руслом реки и становится достаточно изолированной. В то же время повышение температуры может привести к усилению разложения органики в реке и, вероятно, способствует более высоким скоростям потоков с поверхности воды в атмосферу. В год с малым паводком вклад поймы в чистый выброс CO₂ был относительно низким, пойма практически не заливалась. Однако не исключено, что пойма может иметь большее значение в более экстремальные паводковые годы, когда затапливаются большие площади. Однако очевидно, что игнорирование эмиссии пойменного С в таких экстремальных условиях затопления может привести к

ошибкам в расчетах речных бюджетов C и может привести к недооценке общего объема эмиссии речного C , особенно в тех регионах, где отсутствуют крупномасштабные измерения потока пойменного C .

Получены данные о содержании, составе и структуре органического вещества вод реки Оби, малых рек и пойменных водоемов. Установлено, что в районе стационара Кайбасово в Оби максимальное количество растворенного неорганического углерода (РНУ) приходится на начало весны, в то время как в водах малых рек его количество в это время снижается, а пик приходится на конец лета. Содержание растворенного органического углерода (РОУ) малых рек превышает его содержание в Оби, причем максимальное содержание его в малых реках отмечено в июле месяце, в период летней межени. В пойменных водоемах содержание РОУ сопоставимо с содержанием в малых реках, причем в зимнюю межень оно выше, чем в половодье. Содержание РНУ в Оби в среднем выше, чем в малых реках. Содержание РОУ, напротив, в малых реках значительно выше, чем в Оби и максимальное количество его в малых реках отмечено в период летней межени. В Оби содержание РНУ практически не изменяется в течение всего сезона. Содержание метана уменьшается по мере перехода от пойменных водоемов к основной реке, содержание кислорода увеличивается. Концентрации растворенного CO_2 в Оби значительно меньше, чем в озерах, но в малых реках больше, чем в озерах. Для кислорода наблюдается обратное распределение. Во время половодья разница в содержании веществ у различных типов водоемов менее существенна. Река Обь характеризуется неоднородным содержанием растворенных CO_2 и O_2 в течение года, при этом закономерности в суточной динамике O_2 и CO_2 не наблюдаются.

В реке Обь в течение всего года показатель $SUVA_{254} < 3$, что указывает на преобладание в составе растворенного органического вещества гидрофильного материала и низкомолекулярных алифатических соединений как в межень, так и в паводок. В малых реках ароматичность и гидрофобность органического вещества значительно выше, чем в Оби, особенно в период половодья, в озерах, напротив, в зимний период ароматичность и гидрофобность органических веществ повышается. Для природных вод исследуемого района значения коэффициента $E_{254}:E_{436}$ составили от 39,6 до 13,4, что говорит о высоком содержании автохтонного органического вещества в составе растворенного органического. В период зимней межени воды Оби более богаты автохтонным органическим веществом, чем в весеннее половодье, в малых реках и озерах процентное содержание аллохтонного вещества выше, чем в Оби. Максимальные отличия показателей состава органического вещества Оби и малых рек приходится на осенние и зимние месяцы, в период половодья значения коэффициентов разных типов объектов наиболее близки между собой.

В ходе выполнения проекта впервые на основе ЯМР-спектров получены данные о структуре органического вещества в водных объектах, донных отложениях, в торфах и почвах водоразделов и поймы средней Оби. Установлено, что структуры торфа, донных отложений и почв отличаются: в донных отложениях содержание углеродных

радикалов меньше по сравнению с торфом и почвой. Структура всех исследуемых образцов представлена короткоцепочечными органическими кислотами до C10. Получены данные о размерах молекул, содержании ароматических фрагментов и степени гумификации органических веществ. Установлено, что в малых реках гидрофобность органического вещества выше, чем в Оби, особенно в период половодья, степень бензоидности повышается в период половодья. Максимальные отличия показателей состава органического вещества Оби и малых рек приходится на осенние и зимние месяцы, в период половодья значения коэффициентов разных типов объектов наиболее близки между собой.

В динамике проведено определение ряда свойств водных объектов *in situ*. По результатам измерений установлено, что параметры сильно менялись в зависимости от сезона года. Максимальные концентрации растворенного кислорода и минимальные растворенного углекислого газа отмечены в паводок, минимальное содержание растворенного кислорода - в зимнюю межень. В озерах в зимнее время содержание кислорода равно нулю.

Проведена снегомерная съемка на ключевых участках, выполнен отбор проб снежного покрова для определения снегозапасов и изотопного состава вод перед началом снеготаяния. Полученные данные сопоставлены с прошлогодними значениями. Установлено, что объем снега, без учета потерь на испарение и инфильтрацию, был ниже всего лишь на 5 % по сравнению с 2018 годом.

Впервые получены данные синхронных измерений изотопного состава в грунтовых водах, в почвенно-грунтовых водах поймы, пойменных водоемах, а также в воде р. Обь и малых реках в динамике. Установлено, что наиболее стабильный состав d18O-H2O характерен для почвенно-грунтовых вод и реки Оби. Интересно, что в пойменном ручье, протекающем по основным пойменным ландшафтам и отражающем интегральные геохимические процессы всей поймы, наблюдается резкий скачок увеличения d18O-H2O в период становления ледового покрова и активного промерзания почв. В этот период отмечено также увеличение d18O-H2O в малых реках, но менее значительное. В грунтовых и почвенно-грунтовых водах, реке Оби такие изменения не установлены. Значения d18O в снеге изменялись от -26,27 ‰ до -16,41 ‰. Максимальные значения d18O и d2H характерны для весеннего периода, соответствующего началу снеготаяния. Следует отметить, что в летний период значения d18O d2H максимальны и составляют -12,71 ‰ и -90,43 ‰ соответственно. Значения d2H изменяются в пределах от -197,47 ‰ до -118,89 ‰. Локальная метеоритная линия (LMWL) не существенно отличается от глобальной линии (GMWL) и в целом соответствует широте местности, об этом свидетельствует уравнение LMWL: $2dH = 8,1531 \cdot d18O + 19,738$.

Одним из результатов выполнения второго этапа проекта является обновление и дополнение Геоинформационной аналитической системы. По результатам работ в 2019 году система наполнена новыми слоями: а) схема рельефа, б) схема гидродинамических сеток линий стекания, в) схема температурных полей. Проведена

детализация карт на основе новых данных дешифрирования материалов дистанционного зондирования, в том числе материалов съемки в ИК диапазоне и материалов полевых натурных исследований 2019 г. К системе привязаны базы данных химико-аналитических исследований. Организован удаленный доступ к системе через сеть Internet.