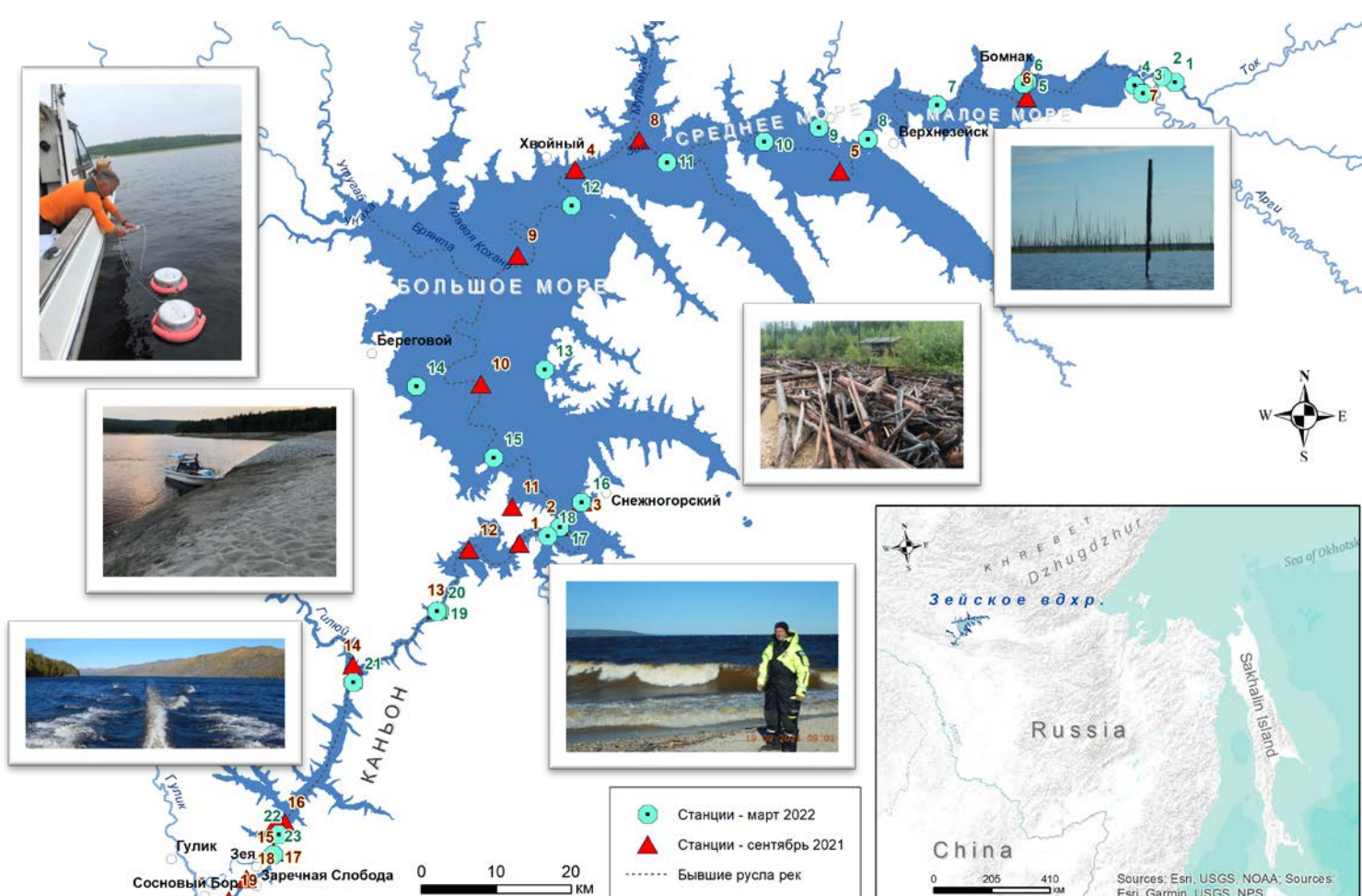


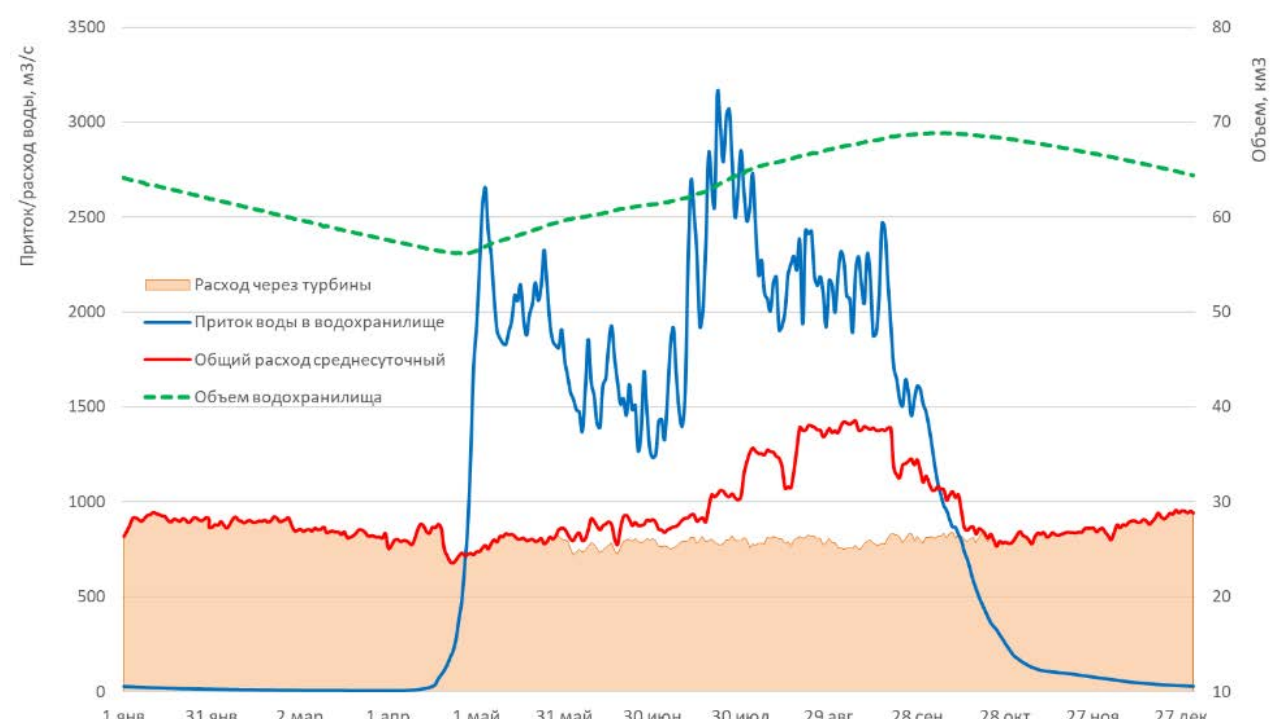
ГИДРОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭМИССИИ МЕТАНА ИЗ ЗЕЙСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА В ТЕПЛЫЙ И ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД 2021-2022 гг.

ЗЕЙСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ



- Коэффициент водообмена: 0.3
- Годовой сток в створе плотины 23.4 км³
- Полный объем 68.4 км³, Полезный объем 32.1 км³
- По объему - третье место в России после Братского (169.3 км³) и Красноярского (73.3 км³)

- Создано в 1975 г., наполнено к 1985 г.
- НПУ: 315 м (расчетный напор 78.5 м)
- ФПУ: 322.1 м, УМО: 299 м
- Площадь при НПУ: 2419 км²
- Длина: 225–290 км
- Максимальная ширина 40 км
- Наибольшая глубина около 100 м



Типовые элементы водного режима Зейского водохранилища (по материалам www.rushydro.ru)

ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы - определение баланса метана для характерных водохранилищ ПАО Русгидро, разработка и обоснование национальной методики по определению баланса и оценке и их вклада в общую эмиссию углерода.

Задачи:

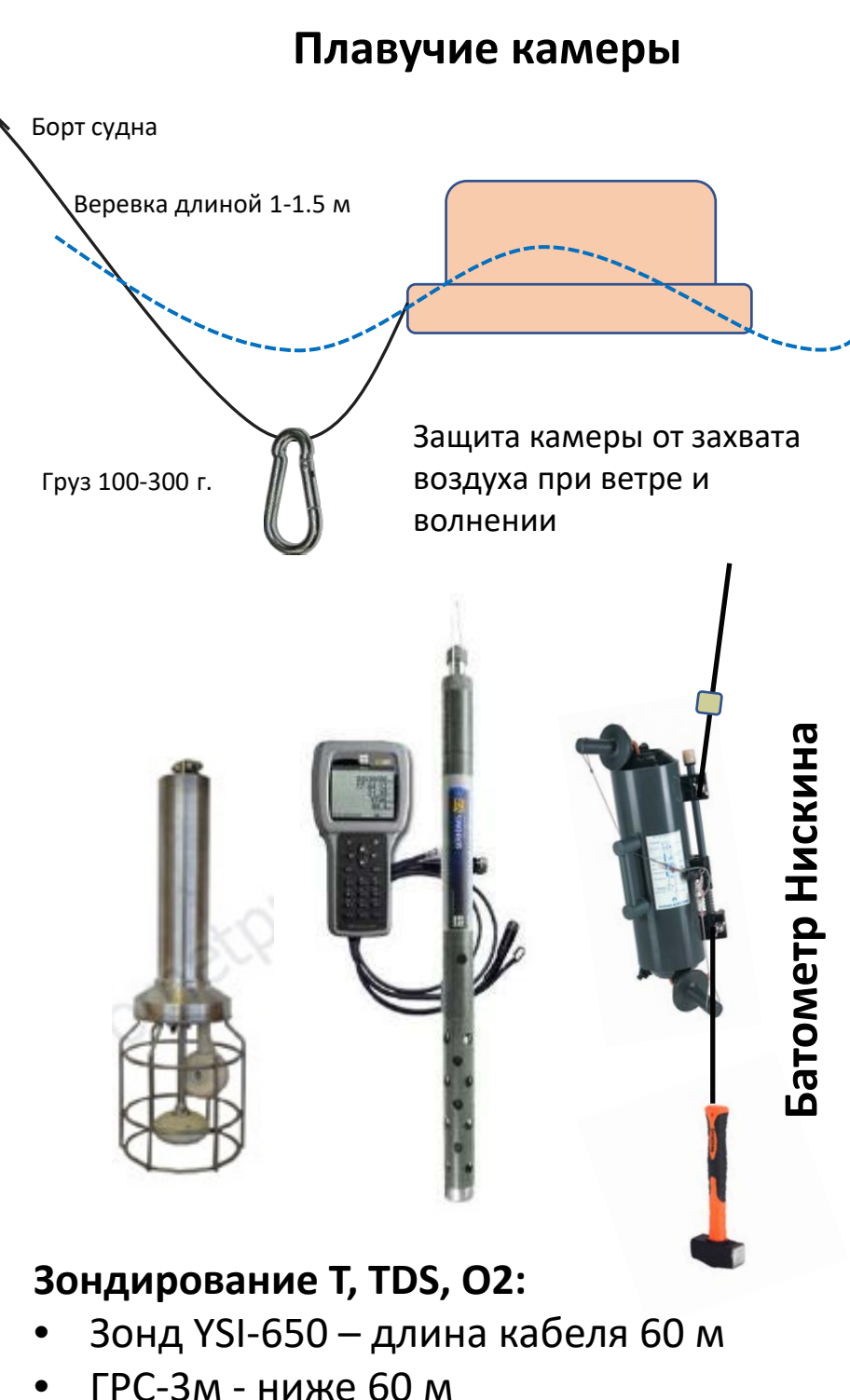
Полевые измерения баланса парниковых газов, прежде всего метана (CH₄), на крупных водохранилищах России [1], в т.ч.:

1. Полевые наблюдения за гидрологическими условиями формирования и эмиссии CH₄ в различные сезоны года – измерение распределения температуры, растворенного кислорода, минерализации.
2. Отбор и анализ проб воды и воздуха на содержание CH₄, оценка содержания органического в-ва (ОВ) в донных отложениях, анализ их пространственного распределения.
3. Вычисление потоков и эмиссии CH₄ для теплого периода года, оценка эмиссии CH₄ при дегазации при сбросе воды через плотину ГЭС.

Работа выполняется в 2021-2023 гг. ИФА им. А.М. Обухова РАН по заказу ПАО «РусГидро»

МЕТОДЫ И ПРИРОДНЫЕ УСЛОВИЯ

Вид работ	Целевой показатель	6-25 сентября 2021	7-15 марта 2022
Отбор проб воздуха	Фоновое содержание CH ₄ в воздухе над водохранилищем	18 проб	19 проб
Зондирование	Определение температурной стратификации	15 станций	23 станции
	Минерализация, т-ра и О ₂ по профилю		
Отбор проб воды на метан	Содержание раств. CH ₄ в воде по профилю. Всегда 2 повторности	80 проб	143 пробы
Отбор проб воды на хим. состав	Содержание гл. ионов и минерализация, калибровка зонда	20 проб	18 проб
Отбор проб донных отложений	Содержание ОВ в донных отложениях	не отбирались	10 проб
Отбор проб воздуха из камер	Определение эмиссии CH ₄ методом “плавающих камер” [2]. Всегда 2 камеры	98 проб	не отбирались
Метеонаблюдения	Синоптические характеристики: т-ра возд., давление, скорость ветра, отн. влажность	19 пунктов	23 пункта



Зондирование T, TDS, O₂:

- Зонд YSI-650 – длина кабеля 60 м
- ГРС-3м - ниже 60 м



Отбор проб донных отложений дночерпателем Экмана-Берджи

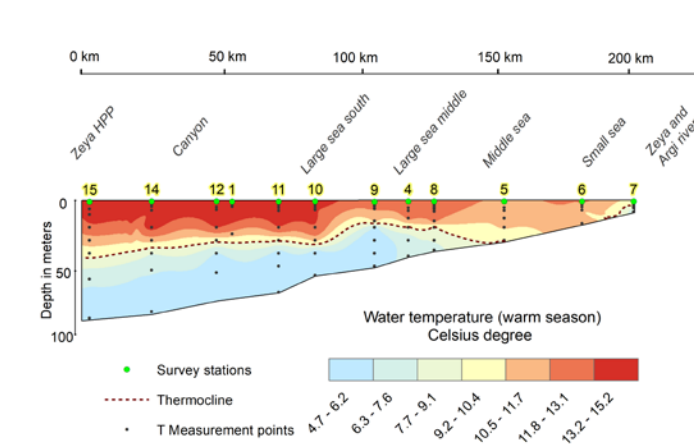


Зондирование. Лед до 1.5 м толщиной, местами не покрытый снегом

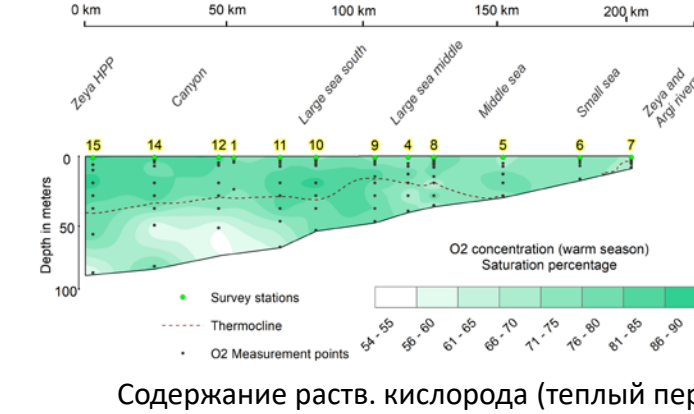


Отбор проб воды на содержание CH₄ (с помощью медицинских шприцов во флаконы с солевым раствором)

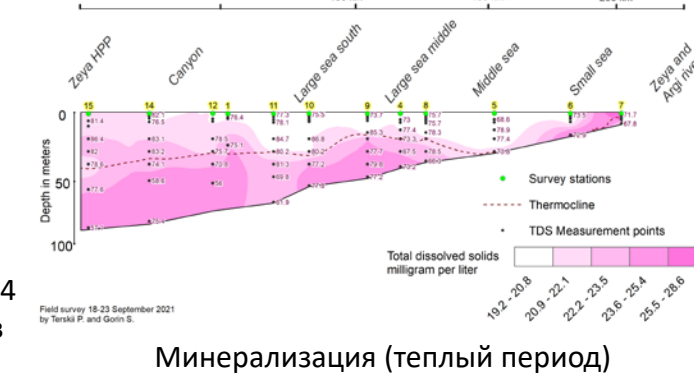
Теплый период (сентябрь 2021)



Температура воды (теплый период)

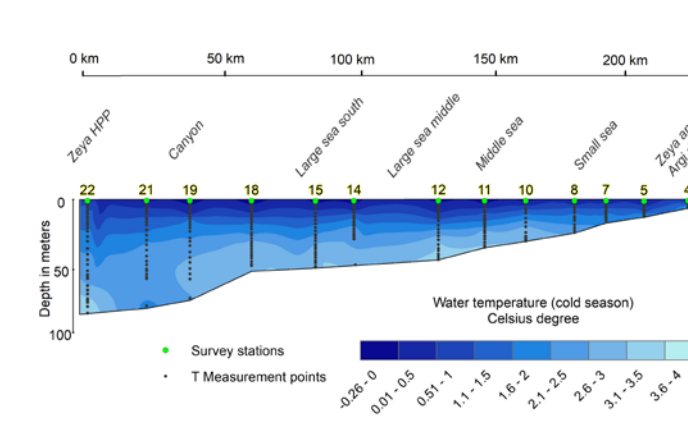


Содержание раств. кислорода (теплый период)

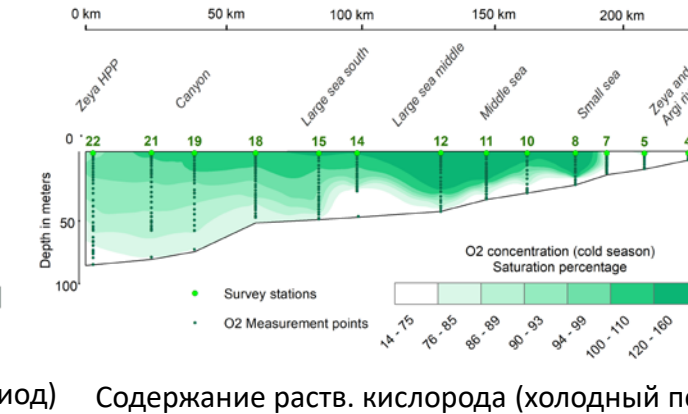


Минерализация (теплый период)

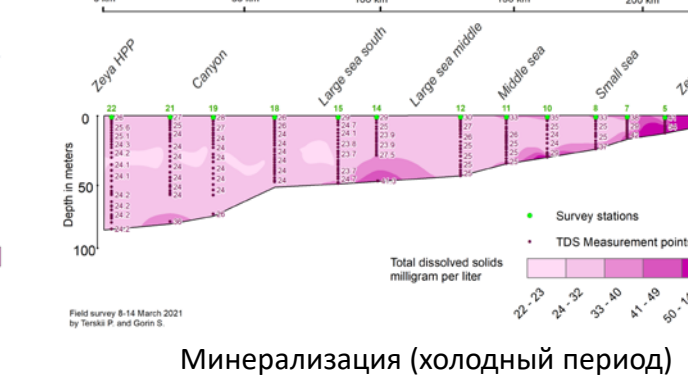
Холодный период (март 2022)



Температура воды (холодный период)



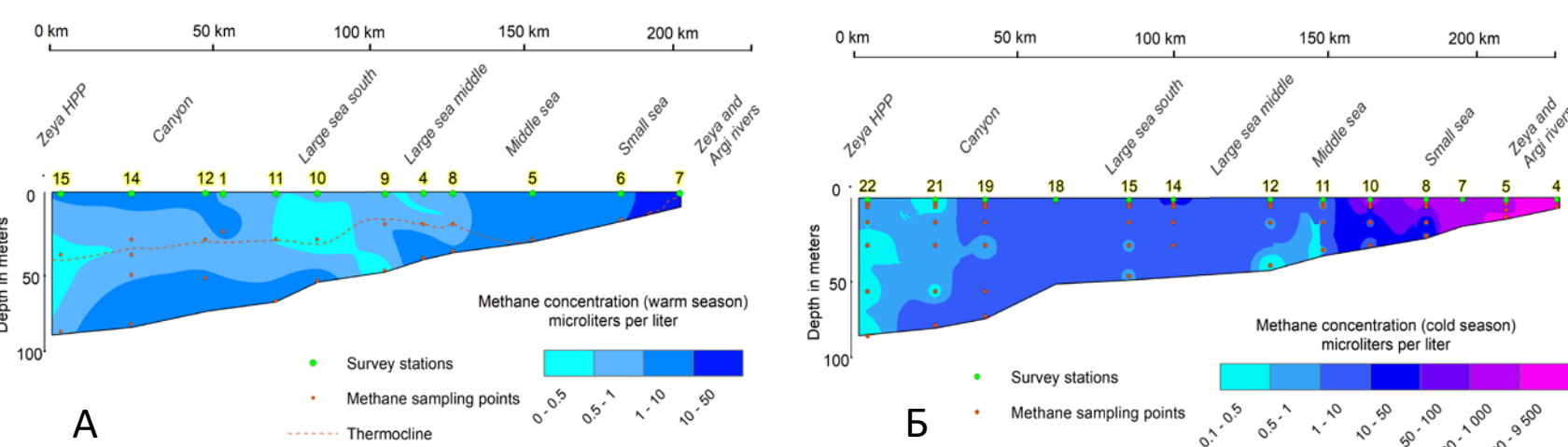
Содержание раств. кислорода (холодный период)



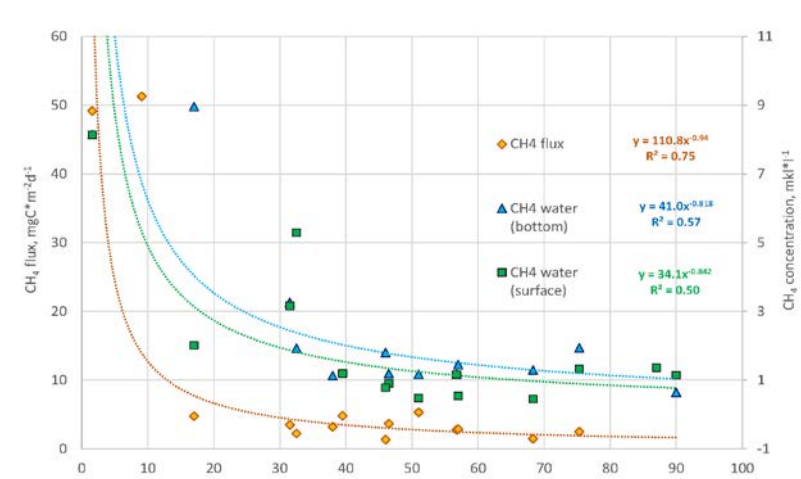
Минерализация (холодный период)

РЕЗУЛЬТАТЫ

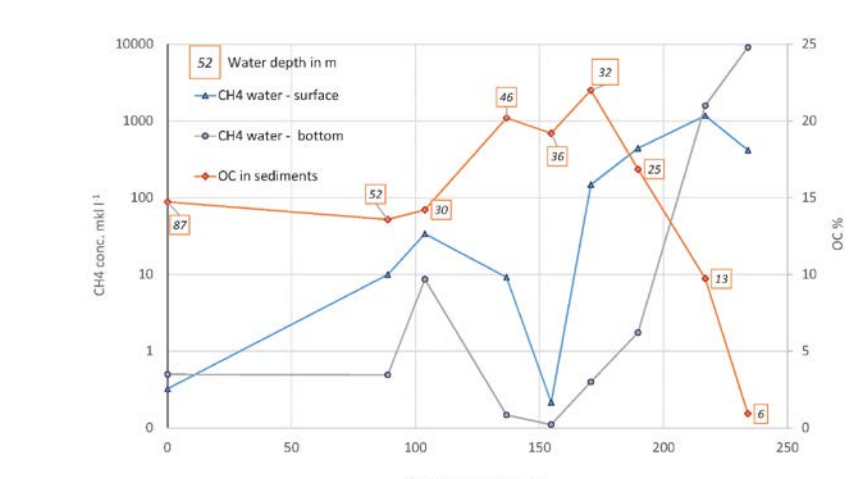
1. Потоки CH₄ в теплый период: от 1.3 мгС/м²сут в Каньоне и Большом море до 4.8 мгС/м²сут в Малом море (при глубинах более 15 м). Наибольшие значения - 49-51 мгС/м²сут в мелководном заливе (в связи с малой глубиной и пузырьковым потоком метана) и в верховьях водоема (в устье р. Арги, вследствие притока CH₄ с водосбора).
2. Годовой поток CH₄ - 5.14 кгCH₄/га (0.3-8.9 кгCH₄/га – границы 95% дов. интервала). Оценки МГЭИК [3] – 13.6 кгCH₄/га (с интервалом 7.3-19.9 кгCH₄/га). Эмиссия CH₄ за вегетационный период 2021 г составила 1104 т. (средневзвешенный коэффициент потока углерода 2.85 кгС/км² сут).
3. В результате дегазации воды при прохождении через турбины ГЭС поток CH₄ (приблизительно) 4.5 кгCH₄/сут в теплый период, 27.4 кгCH₄/сут. в холодный.
4. Даже в летний период температура на дне летом низкая, так же как и концентрации CH₄. Содержание кислорода высокое по всей толще и в теплый и в холодный периоды, зон анокии не выявлено. В этих условиях как водообмен, так и внутренний метаногенез, значительно замедлены.
5. В холодный период мощный источник CH₄ – это р. Арги (впадает в верховье в зоне выклинивания подпора). Река имеет сильно заболоченный водосбор, ее воды насыщены сероводородом, имеют высокую минерализацию и низкое содержание кислорода.
6. Наибольшее содержание CH₄ в воде, а также ОВ в донных отложениях наблюдалось зимой в центральной части водохранилища (в Среднем море), а не в верховье, где обнаружен значительный приток ОВ и CH₄. В зоне смешения Зеи и Арги песок, а в водохранилище илы (способные содержать значительно больше ОВ).
7. Связь концентрации CH₄ в воде, а также потока CH₄ с глубиной в летний период имеет характер степенной зависимости. В общем случае, на глубинах менее 15-20 м как концентрация CH₄ в воде, так и его поток в атмосферу, значительно увеличиваются.



Профили концентрации CH₄ в воде Зейского водохранилища в теплый период 2021 г (А) и холодный период 2022 г. (Б).



Связь концентрации CH₄ в воде и потока CH₄ с глубиной станции измерения.



Профиль содержания ОВ в донных отложениях, концентрации CH₄ в воде на поверхности и в придонном слое в холодный период 2022 г.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Репина ИА и др. (2022) Натурные измерения эмиссии метана на крупнейших водохранилищах России в 2021 г. Начало масштабных исследований. *Водные ресурсы* 49, 6, 713–718. doi: <https://dx.doi.org/10.31857/S0321059622060141>
- [2] Bastviken D, Cole J, Pace M, Tranvik L (2004) Methane emissions from lakes: Dependence of lake characteristics, two regional assessments, and a global estimate / *Global Biogeochemical Cycles*. V. 18. 12 p. doi: <https://doi.org/10.1029/2004GB002238>
- [3] Calvo Buendia E et al (eds) IPCC 2019, 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC, Switzerland