



Поглощающая способность водохранилищ и другие экологические эффекты гидроэнергетики

Ирина Репина

Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН



РусГидро – Консорциум (ИФА РАН, ИГКЭ, МГУ) 2021-2024

НИР: Измерение выбросов парниковых газов (ПГ) и оценка поглощающей способности гидроэнергетических объектов

Актуальность:

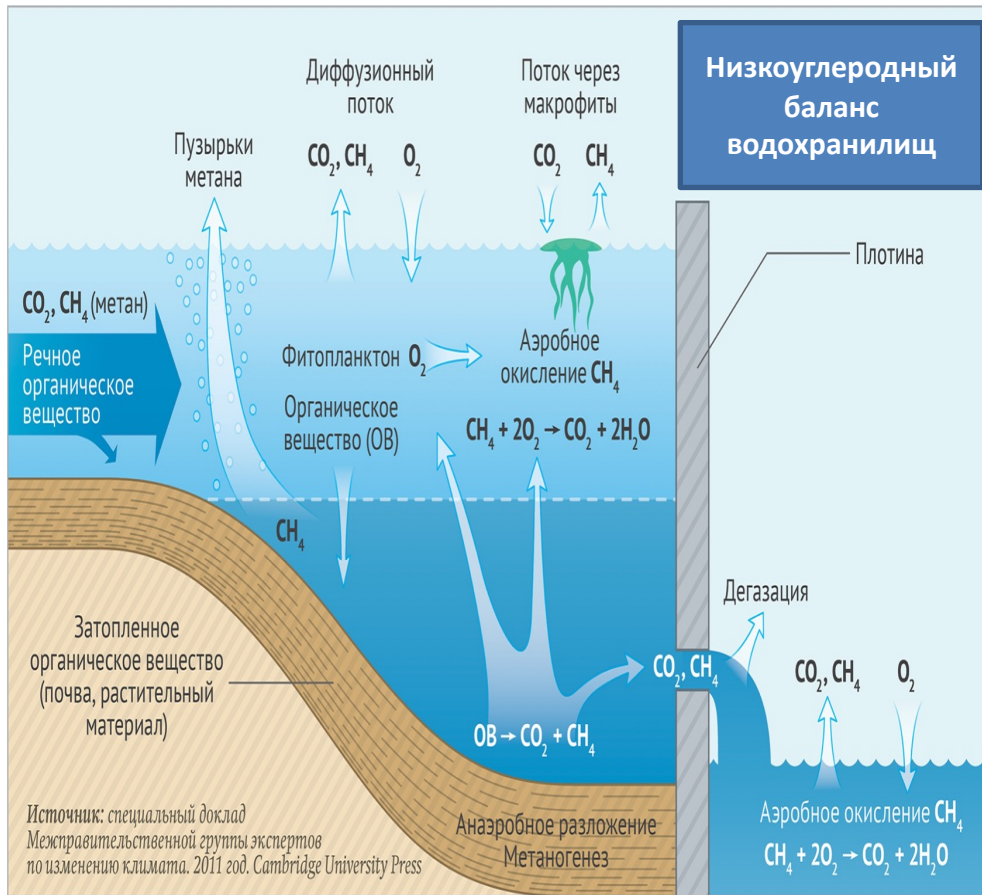
Мир находится на пороге **4 энергоперехода**, когда тема зеленой энергетики становится все более актуальной. ГЭС в процессе производства энергии не используют ископаемого топлива, а только возобновляемые ресурсы в виде речного стока. **Для обоснования роли ГЭС, как наиболее низкоуглеродного источника энергии необходимо обоснование углеродной нейтральности и поглощающей способности водохранилищ ГЭС**

Цель:

Определение нетто-баланса парниковых газов и поглощающей способности для характерных водохранилищ РФ энергетического назначения, разработка и обоснование национальной методики по определению баланса парниковых газов водохранилищ.

Результат:

Обоснование экологической безопасности ГЭС для российских и международных организаций и роли водохранилищ ГЭС в поглощении (выводе) парниковых газов из атмосферы.



3

Прямые выбросы углекислого газа от ГЭС отсутствуют, так как отсутствует необходимость сжигать топливо, а источником энергии служит вода. Вклад в эмиссию парниковых газов (углекислый газ (CO_2), метан (CH_4) и закись азота (N_2O)) может вносить водохранилище ГЭС.

Разница толщины донных отложений во впадающей реке и в водохранилище позволяет оценить осаждение твёрдой органики на дно объекта за время его существования. Таким образом получается **поглощающая способность водохранилища** в терминах взвешенного углерода, который в отсутствие водохранилища был бы эмитирован в атмосферу в форме углекислого газа.

ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

4

Водохранилище / Характеристика	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Рыбинское	Куйбышевское	Волгоградское	Чиркейское	Саяно-Шушенское	Богучанское	Зейское	Бурейское	Колымское
Период наполнения	1941—1947 гг.	1955-1957 гг.	1958-1960 гг.	1970-1974 гг.	1975-1990 гг.	2012-2015 гг.	1975-1985 гг.	2003-2008 гг.	1980-1994 гг.
Вид регулирования	Многолетнее	Сезонное	Сезонное	Многолетнее	Сезонное	Сезонное	Многолетнее	Сезонное	Многолетнее
Главная река	Волга	Волга	Волга	Сулак	Енисей	Ангара	Зея	Бурья	Колыма
НПУ, м абс.	102,0	53,0	15,0	355,0	539,0	208,0	315,0	256,0	451,5
Площадь зеркала при НПУ, км ²	4550	6150	3117	42,4	608	2326	2420	740	441
Объем при НПУ, км ³	25,4	57,3	31,5	2,78	30,7	58,2	68,4	20,9	15,1
Глубина макс. при НПУ, м	30,4	41,0	41	140	220	74	100	125	121,5
Объем притока ср. годовой, км ³	31,4	264,5	260	5,55	47,3	80,7	24,7	27,49	14,7



Водохранилища в различных условиях:

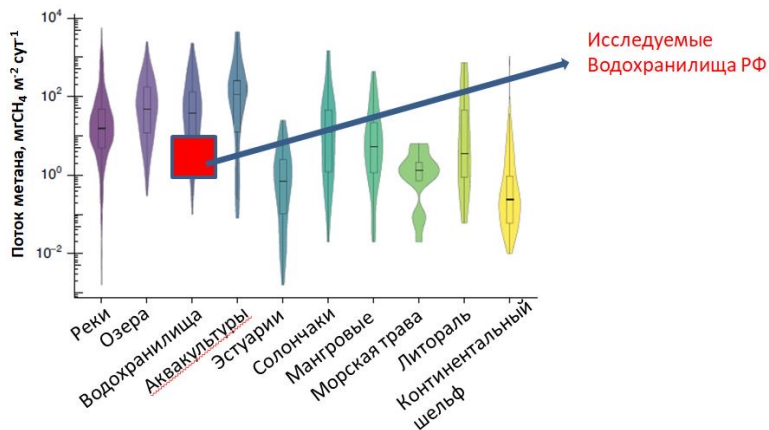
- от субтропических до субполярных широт
- от умеренно-континентального до резко-континентального климата
- на равнинах и в горах
- в районах без многолетней мерзлоты и с ее развитием
- с различной степенью антропогенного воздействия
- самые «старые» эксплуатируются десятки лет, а самые «молодые» наполнены в последние 10-15 лет.

1. Создание цифровых моделей рельефа (ЦМР) водохранилищ. Районирование водохранилищ.
2. Проведение всесезонных измерительных кампаний на водохранилищах.
3. Разработка численной математической модели, позволяющей восстанавливать био-гео-гидро-химический цикл водохранилищ, годовой ход эмиссии и поглощения углерода.
4. Разработка методики расчета притока углерода с речным стоком в водохранилища крупных рек.

ИТОГ

1. Определение национальных коэффициентов эмиссии парниковых газов. Методика оценки выбросов метана и углекислого газа и поглощающей способности водохранилищ ГЭС.
2. Расчет баланса выбросов и поглощения углерода для выбранных водохранилищ по результатам ежегодных измерений, моделирования по трем уровням, рекомендованным МГЭИК.

Результаты экспериментальных исследований



Rosentreter J. A. et al. Half of global methane emissions come from highly variable aquatic ecosystem sources //Nature Geoscience. 2021. V. 14. №. 4. P. 225-230

Средний удельный поток метана по данным наблюдений, с учетом антропогенного воздействия всех водопользователей иных отраслей, без учета поглощающей способности водохранилищ

Средний удельный поток метана от водохранилищ мира $180 \text{ mgCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$ (по медиане: $26 \text{ mgCH}_4 \text{ м}^{-2} \text{ сут}^{-1}$), что подтверждает низкоуглеродный характер водохранилищ.

Средний удельный поток метана Российских водохранилищ находится ниже среднемирового значения.

Экспериментальные исследования

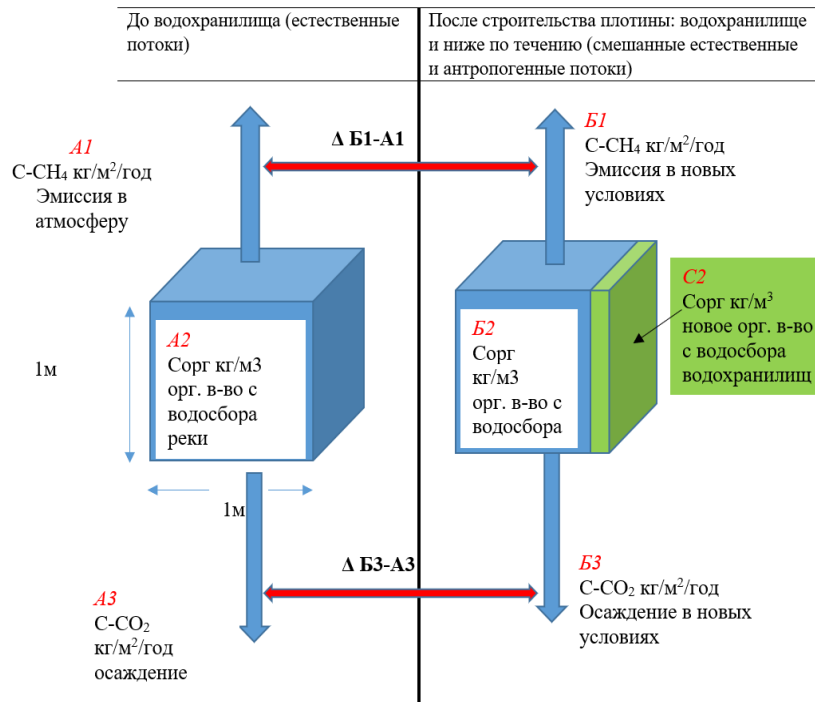
Все сезоны

Экспертный подход с учетом:

- Районирования водоема
- Площади мелководий по ЦМР
- Наличия и количества «горячих точек»
- Информации о работе гидроузла

Водохранилище	г CO2 год/(кВт ч)	mgCH4 м ⁻² сут ⁻¹
Рыбинское	575.47	26.9
Бурейское	3.98	4.82
Волгоградское	15.72	8.56
Куйбышевское	55,63	15.0
Чиркейское	0.49	4.04
Зейское	4.29	4.91
Колымское	0.61	1.47
Богучанское	1	1.42
Саяно-Шушенское	0.47	3.67

Изменение баланса потоков парниковых газов при строительстве водохранилищ



Антропогенное: то, что появилось после строительства водохранилища

Результат- антропогенный вклад в экосистему водохранилища, CO₂-экв. кг/м²/год

Составляющие:

Антропогенная эмиссия CH₄, CO₂-экв. кг/м²/год

Антропогенное осаждение углерода, CO₂ кг/м²/год

Содержание антропогенного углерода в воде водохранилища, кг CO₂/м²

Отрицательные величины составляющих баланса показывают, что данная составляющая при строительстве водохранилища сократилась по абсолютной величине.

Отрицательная величина результирующей баланса соответствует антропогенному сокращению эмиссии и накоплению С в экосистеме водохранилища в пересчете на CO₂-экв. парниковых газов.

Общий баланс в водохранилище

Водохранилище	Эмиссия CH ₄ , C-CO ₂ -экв кг/м ² /год	Поглощение С (осаждение), C- CO ₂ -экв кг/м ² /год	Баланс, C-CO ₂ -экв кг/м ² /год
Рыбинское	0.04	0.17	-0.13
Куйбышевское	0.02	0.24	-0.22
Волгоградское	0.01	0.14	-0.13
Чиркейское	0.01	12.63	-12.62
Богучанское	0.002	0.07	-0.07
Зейское	0.003	0.71	-0.71
Бурейское	0.01	3.09	-3.08
Колымское	0.001	4.15	-4.15
Саяно-Шушенское	0.01	2.10	-2.09

1. Выполнен расчет баланса выбросов и поглощения ПГ, в том числе, по трем уровням сложности согласно МГЭИК.
2. Разработана расчетная методика по оценке выбросов ПГ и оценке поглощающей способности водохранилищ с использованием результатов проведенных исследований и математического моделирования. Получены национальные пересчетные коэффициенты для двух зон - бореальной и прохладной умеренной влажной зоны.
3. Исследуемые водохранилища составляют около 30% площади всех водохранилищ РФ. Полученные национальные пересчетные коэффициенты, в отличие от коэффициентов МГЭИК 2019, учитывают территориально-географические особенности страны, а также конкретные свойства отдельных водохранилищ (размер, глубину, их трофический статус, осаднение и улавливание углерода, относительное расположение водозаборов, и другие факторы.
4. Оценки баланса ПГ показывают, что водохранилища являются нетто-поглотителями, и антропогенная составляющая не приводит к увеличению выбросов парниковых газов.

