

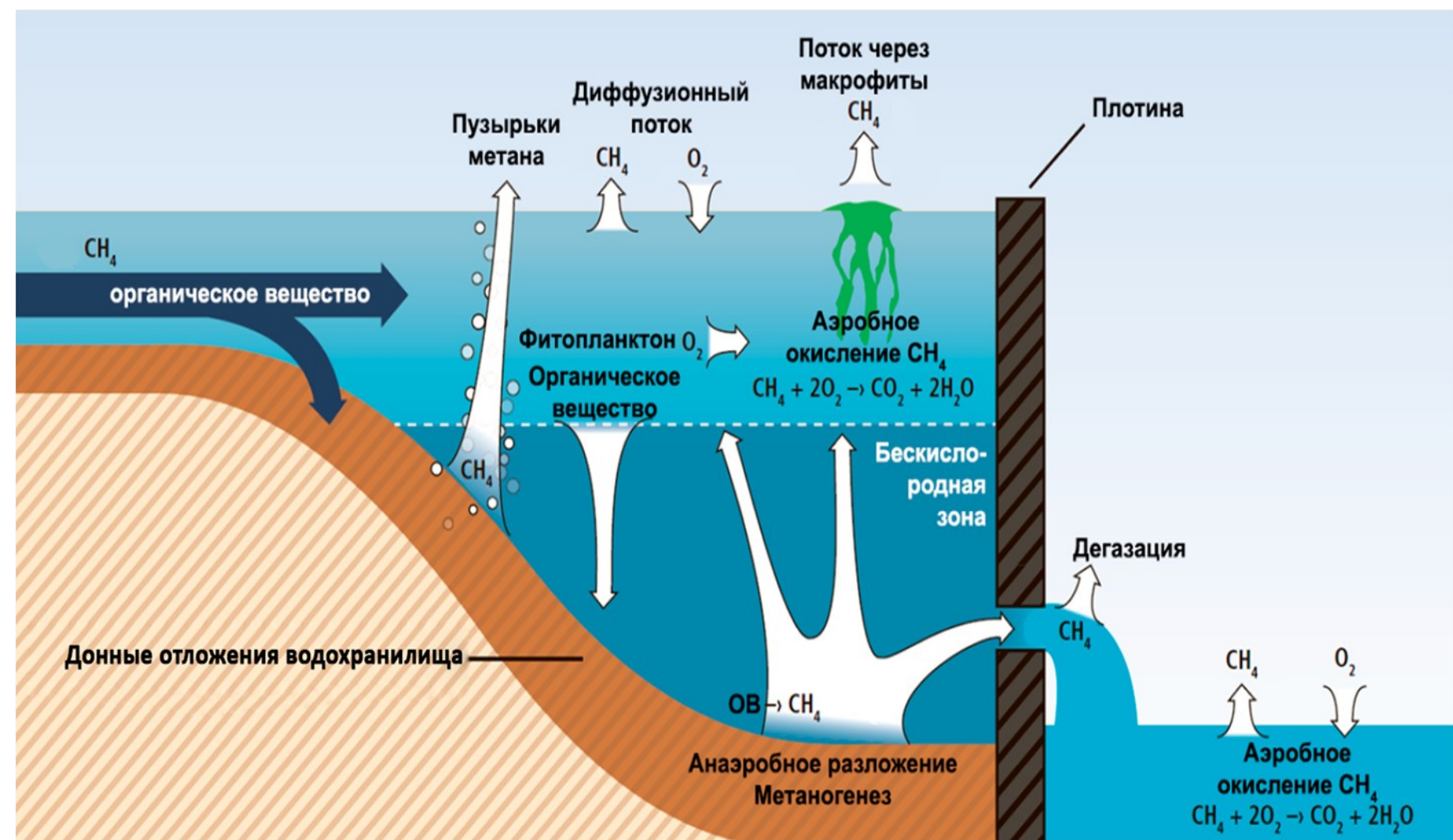
Ломов В.А.<sup>1</sup>, Степаненко В.М.<sup>2,3</sup>

<sup>1</sup>МГУ, Ленинские Горы, д.1, стр.4, Москва, 119234, lomson620@mail.ru, +7 (977) 504-57-56

<sup>2</sup>МГУ, Ленинские Горы, д.1, стр.4, Москва, 119234, stepanen@srcc.msu.ru, +7 (495) 939-23-53

<sup>3</sup>Московский центр фундаментальной и прикладной математики, Ленинские Горы, д.1, стр.1, Москва 119234, stepanen@srcc.msu.ru, +7 (495) 939-23-53

## Метан в водной экосистеме



• Два пути образования метана

↓  
Ацетатный  
↓  
Гидрогенотрофный

• Вертикальные потоки намного более значительны, чем горизонтальные

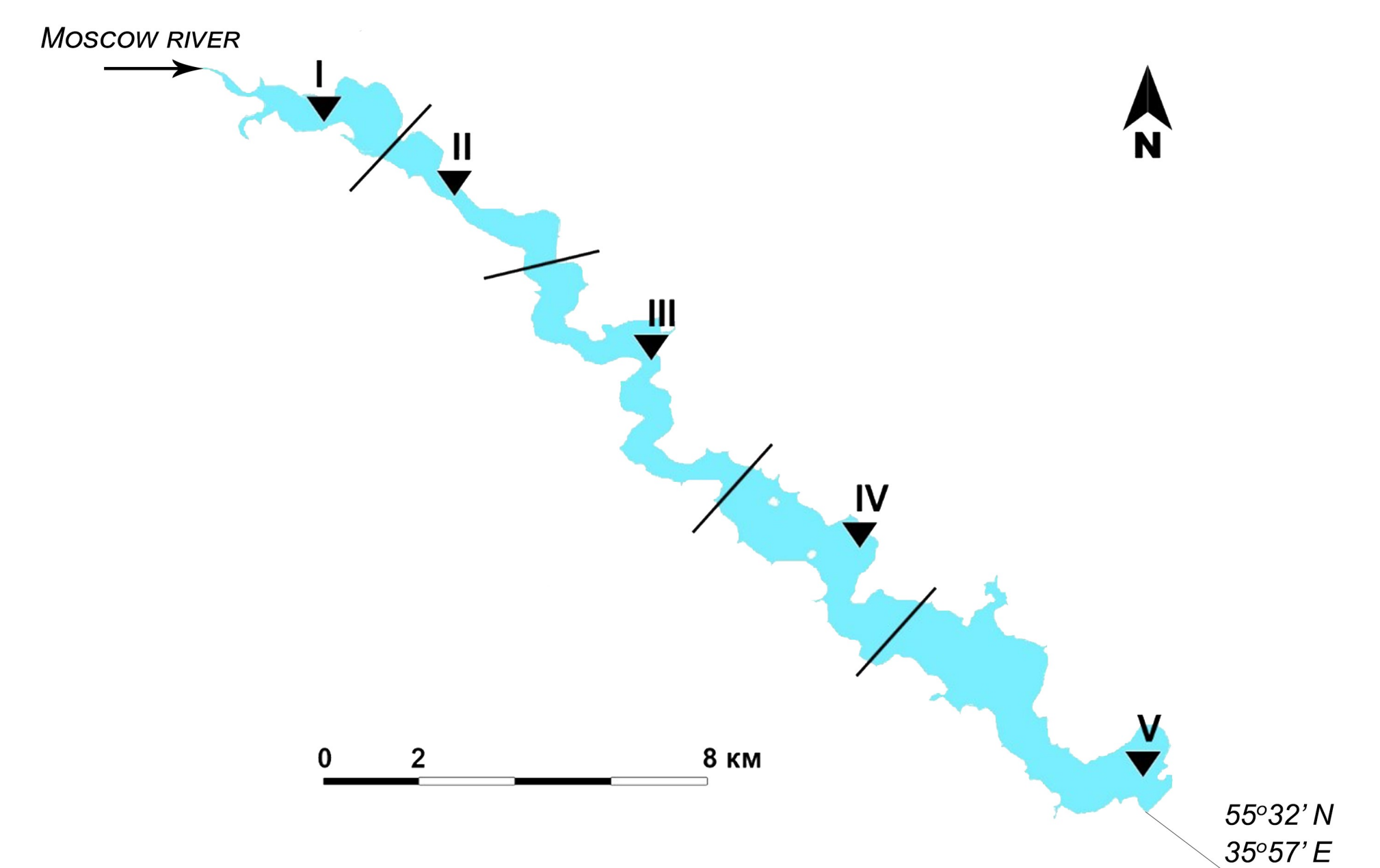
Потоки метана в атмосферу:

- Диффузионный
- Пузырьковый
- Дегазация

## Описание объекта исследования Можайское водохранилище

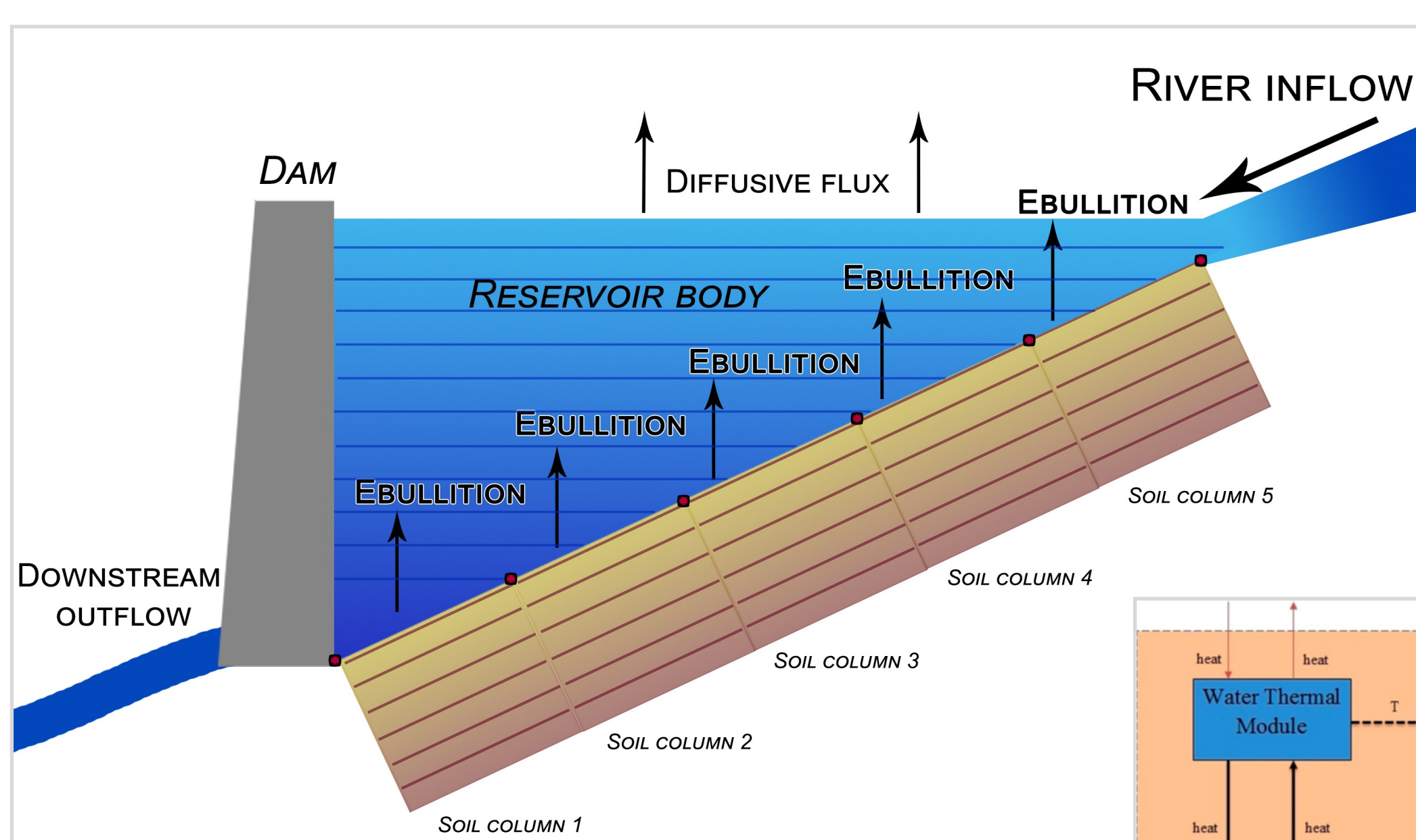
Длина, км	Наиб. Ширина, км	Сред. Ширина, км	Наиб. Глубина, м	Сред. Глубина, м	Площадь, км <sup>2</sup>	Объем, км <sup>3</sup>	Колесания уровня за год, м	К водообмена
28	2,6	1,1	22,6	7	30,7	0,24	6	1,78

Римскими цифрами I — V отмечены станции природных наблюдений



## Модель LAKE

LAKE 2.3 – это одномерная гидродинамическая модель, в которую включен блок расчетов биохимических процессов. В данной работе использовалась модификация модели размерностью 1.5, заключается эта модификация в разделении донных отложений на колонки, расположенные на разных глубинах – таким образом учитывается наклонное дно, характерное для долинных водохранилищ.



Шаг расчета модели - 10 секунд, временное разрешение входных данных - 1 час. Расчетный период 2015—2019 гг. Ноябрь и декабрь 2014 года «разгонный период»

Входные данные

- Гидрологическая информация:
- Расходы притоков
  - Сброс с плотины
  - Уровень воды
  - Температура притоков

- Метеорологическая информация:
- Температура воздуха
  - Атмосферное давление
  - Скорость ветра
  - Влажность
  - Нисходящие потоки коротковолновой и длинноволновой радиации
  - Осадки

\*Источник метеорологической информации – реанализ ERA5-Land. Все данные реанализа корректировались на основании сравнения с данными наземных наблюдений

Уровни в модели:

- Водные горизонты - шаг 1 метр
- Колонки донных отложений - 5 колонок на разных глубинах. Шаг 10 см

## Основной расчет

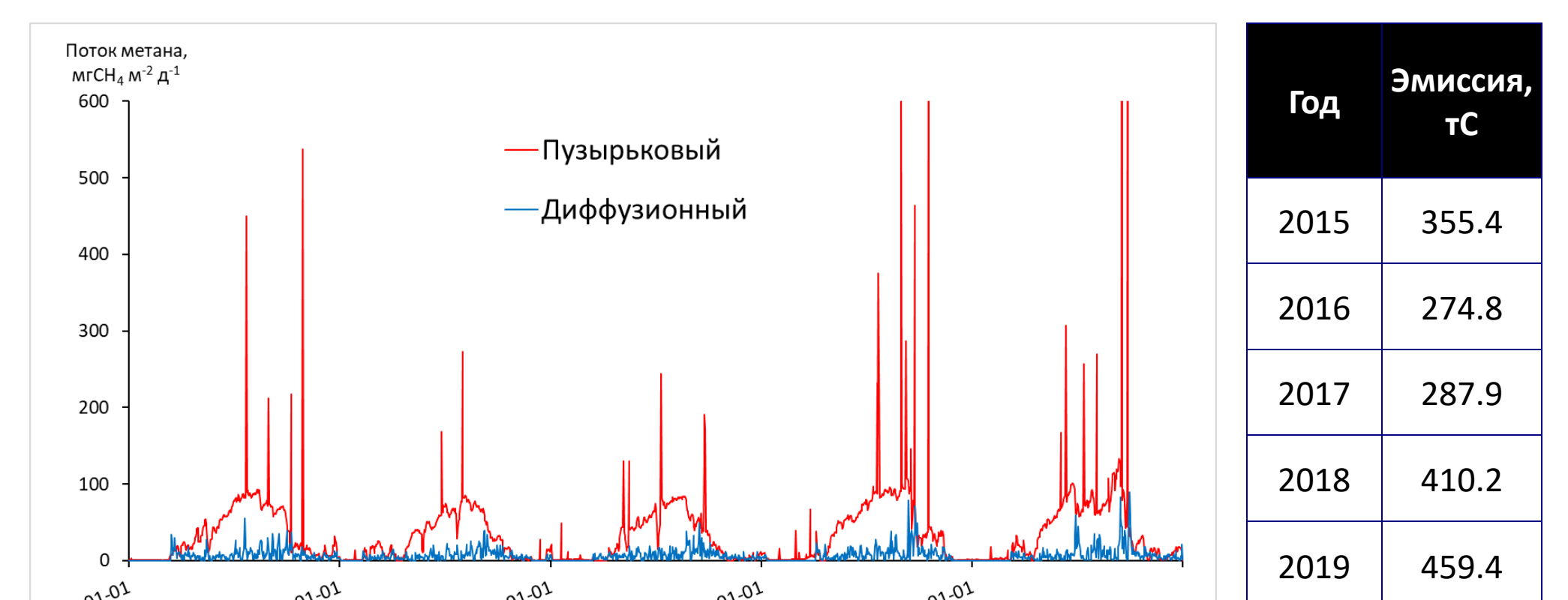


год	эмиссия, тС	поток, мгС-CH <sub>4</sub> м <sup>-2</sup> д <sup>-1</sup>
2015	337.5	36.4
2016	315.0	29.5
2017	325.4	30.8
2018	413.7	43.0
2019	415.4	49.2

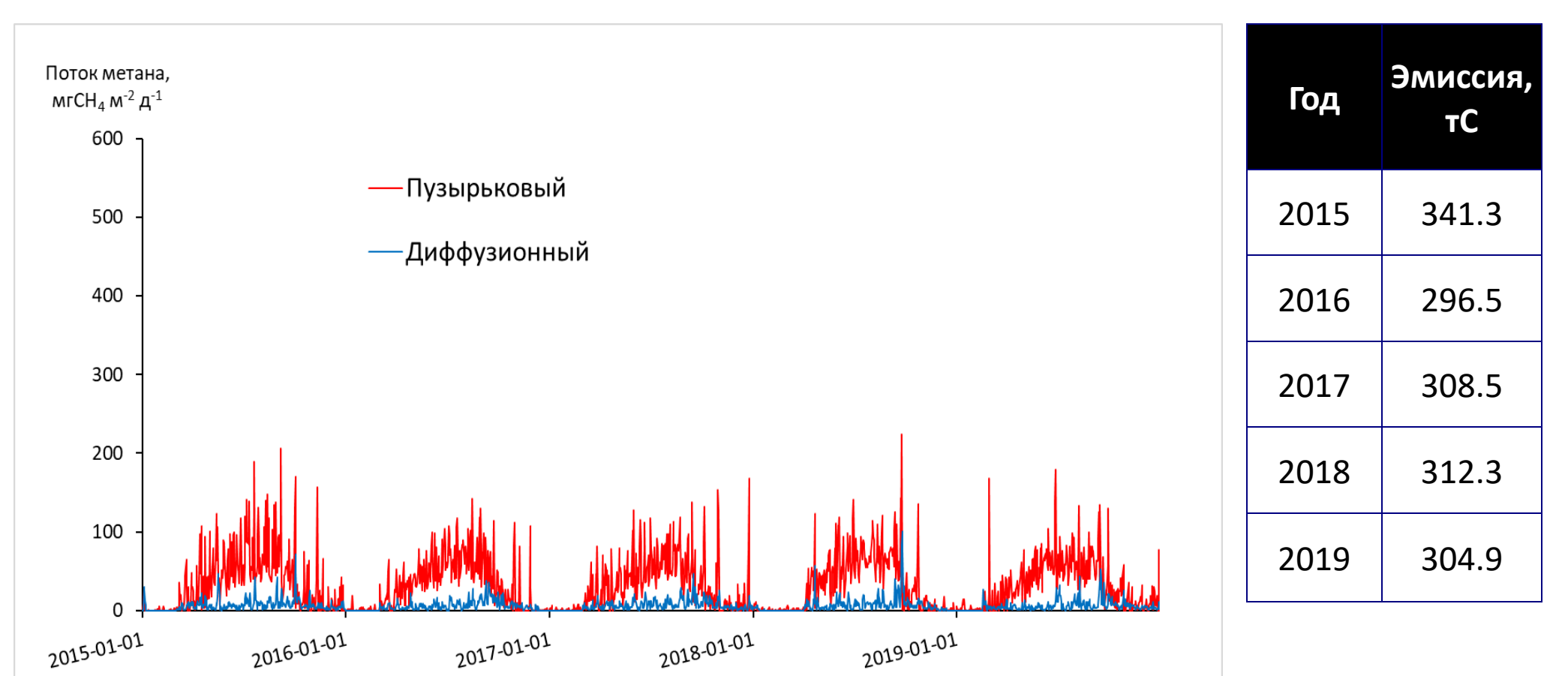
- Низкие потоки в зимний период
- Возрастание в период нагревания (весна-лето)
- Наибольшие значения перед началом стадии осеннего перемешивания

## Эксперименты с моделью

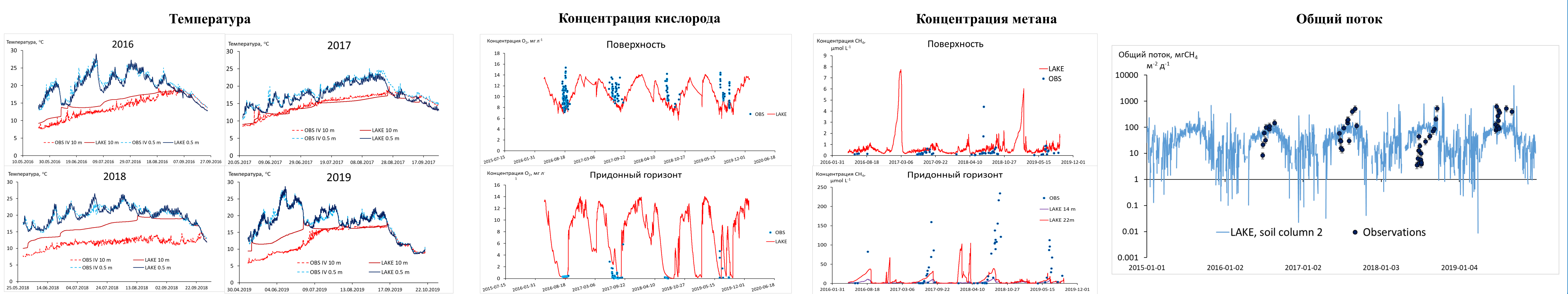
1) Атмосферное давление задано постоянным значением - в данных форсинга атмосферное давление задано средним значением на весь период расчета. Для оценки чувствительности модели к этому параметру



2) Изменение уровня воды отсутствует - приток и сток = 0. Для оценки чувствительности модели к колебаниям уровня водоема



## Сравнение с данными наблюдений



## Выводы

- Основной вклад в эмиссию вносит пузырьковая составляющая. С ней связаны наибольшие выбросы метана в атмосферу, при которых ее доля может превышать 99%. Диффузная составляющая из-за значительно меньшей скорости и подверженности окислению метанотрофами имеет намного меньшее значение. Поток метана увеличивается в течение летнего периода из-за повышения температуры в донных отложениях, способствующей интенсивности генерации метана
- Наиболее значительные выбросы метана связаны с понижением уровня водохранилища, при котором падает гидростатическое давление и происходит увеличение пузырькового потока. Кроме уровневого режима на режим давления влияет внешнее атмосферное давление. Именно оно определяет большую амплитуду потока метана, при эксперименте, в котором атмосферное давление в модели задавалось постоянным, изменчивость пузырьковой составляющей была значительно ниже
- С помощью модели LAKE 2.3 за период с 2015 по 2019 года была оценена годовая эмиссия метана, которая в среднем составляет 360 тС-CH<sub>4</sub>/год. Средний удельный поток метана за этот период равен 37.7 мгС-CH<sub>4</sub>/м<sup>2</sup>\*сут, что относит Можайское водохранилище к верхней границе диапазона значений для водоемов умеренного пояса

