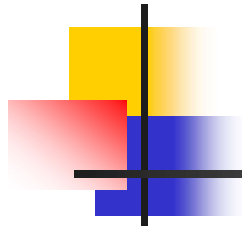


3D - моделирование внутриводоемных
процессов
в Чудско-Псковской озерной системе

Институт озероведения РАН

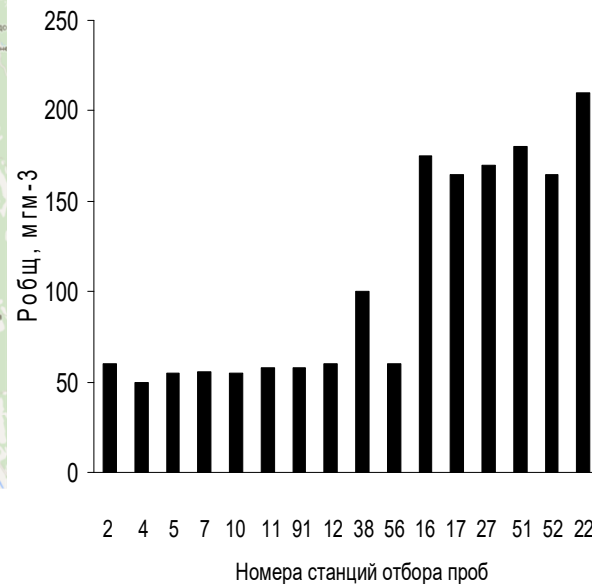


3D модель

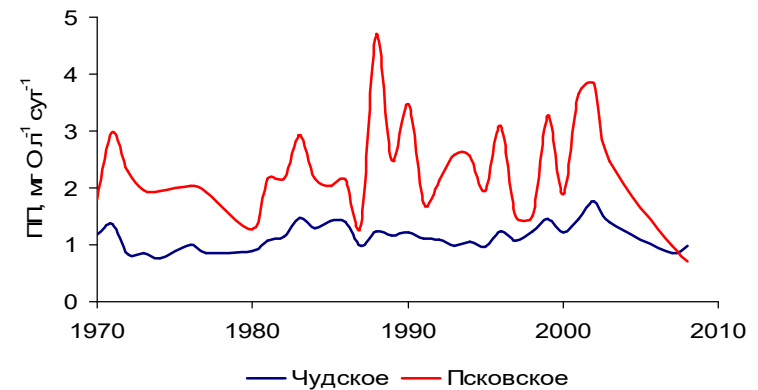
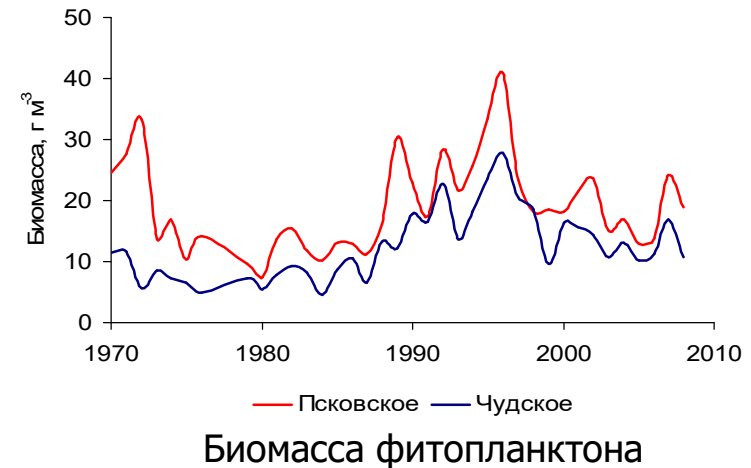
разработана для решения следующих задач:

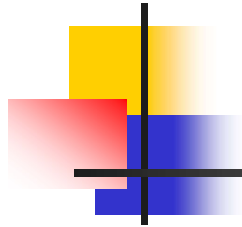
- Оценка пространственной неоднородности внутренней нагрузки;
- Оценка внутригодовой динамики внутренней нагрузки;
- Оценка взаимосвязи внутренней нагрузки с внутриводоемными процессами и внешней нагрузкой;
- Выполнение имитационных и прогностических расчетов по оценке возможных изменений внутренней нагрузки.

Чудско-Псковское озеро - четвертый по величине пресноводный водоемом Европы и крупнейший Европейский трансграничный водоемом. Общая площадь озера составляет 3555 км², из них Чудское - 2 611 км², Псковское - 708 км² и Теплое озеро - 236 км². Средняя глубина Чудского озера – 8,3 м, Псковского озера – 3,8 м, Теплового озера – 2,5 м .



Пространственная неоднородность распределения концентрации общего фосфора в донных отложениях



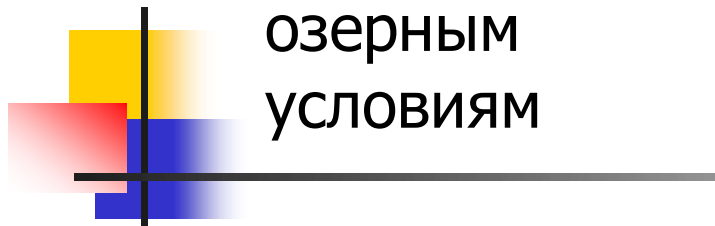


3D модель

состоит из следующих блоков:

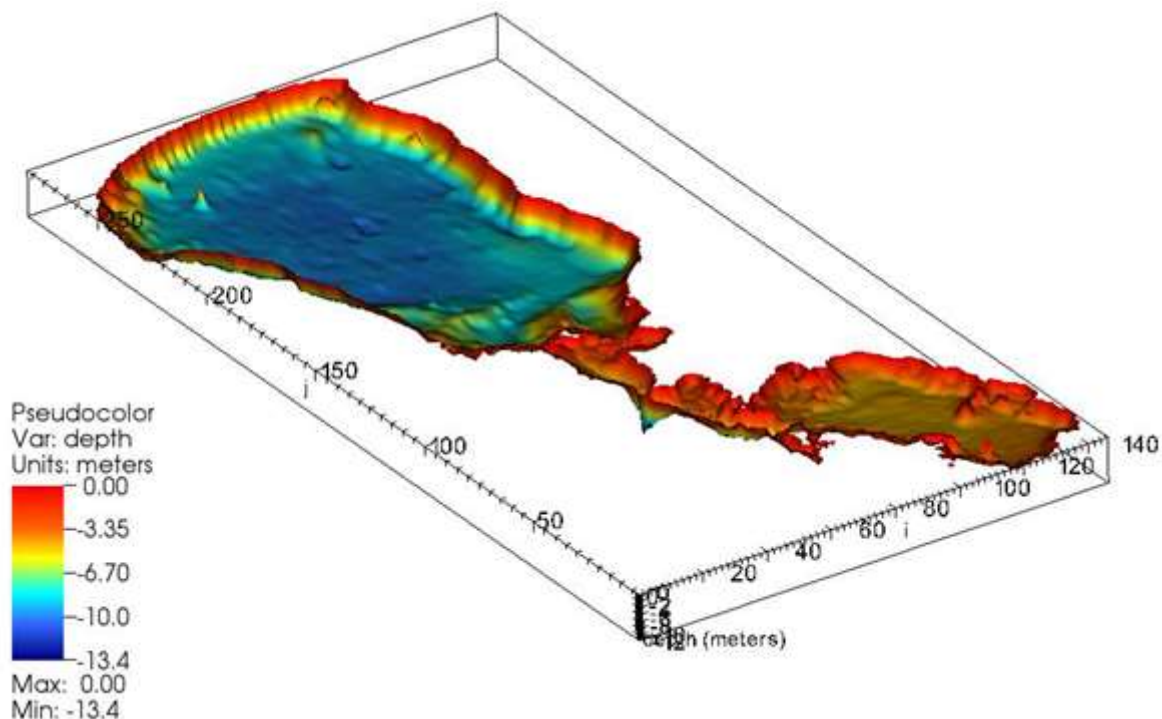
- Основа - математическая модель гидродинамики внутреннего моря, разработанная в Институте вычислительной математики РАН [Ибраев, 2008], адаптированная к условиям Чудско-Псковского озера;
- Блок расчета внутренней биогенной нагрузки, описывающий процессы седиментации и взмучивания осадочного вещества [Мартьянов, 2011];
- Расчет первичной продукции в модели производился в соответствии с циклом Кальвина-Бенсона, который является наиболее распространённым из механизмов фотосинтеза автотрофов и применяется для оценки первичной продукции в водных экосистемах [Секи, 1986].

Адаптация модели к озерным условиям

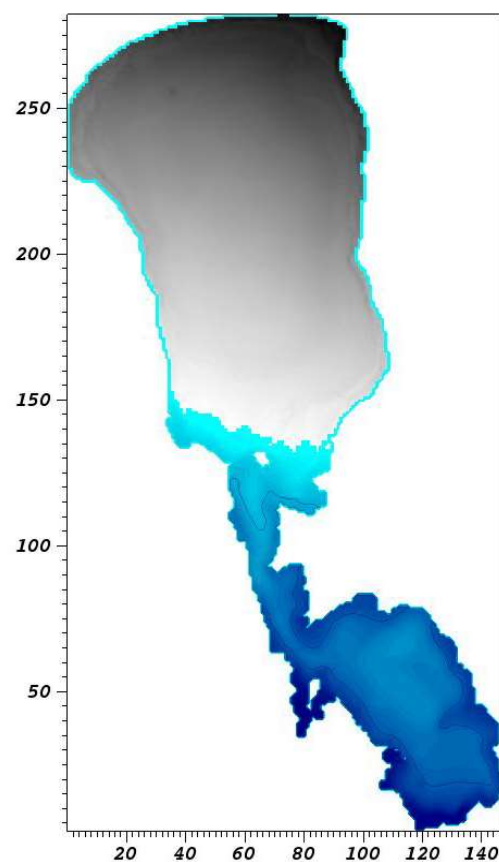


- Вместо уравнения состояния морской воды было применено уравнение состояния слабоминерализованной воды [Chen and Millero, 1986];

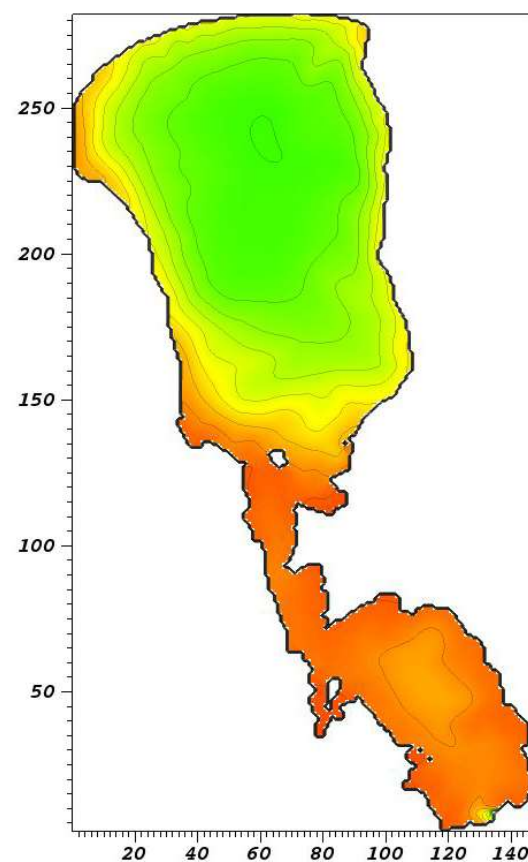
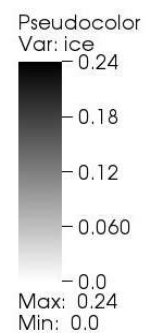
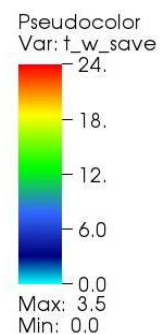
- Создана цифровая карты рельефа дна;
- Построена расчетная сетка, параметры которой составили 460×460 метров по горизонтали и 14 горизонтов по вертикали. Шаг по времени 6 минут;
- Использованы данные реанализа метеорологической информации NCEP/NCAR [www.cdc.noaa.gov/cdc/data.ncep.reanalysis.html];
- Значения расходов воды в притоках озера предоставлены специалистами ФГБУ «ГГИ»;
- Для верификации модели использовались данные многолетних натурных наблюдений Псковского отделения ФГБНУ «ГОСНИОРХ» .



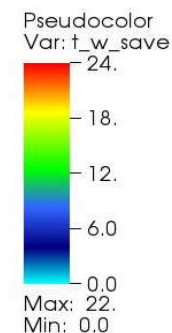
Температурный и ледовый режимы (среднеклиматический год)



середина апреля

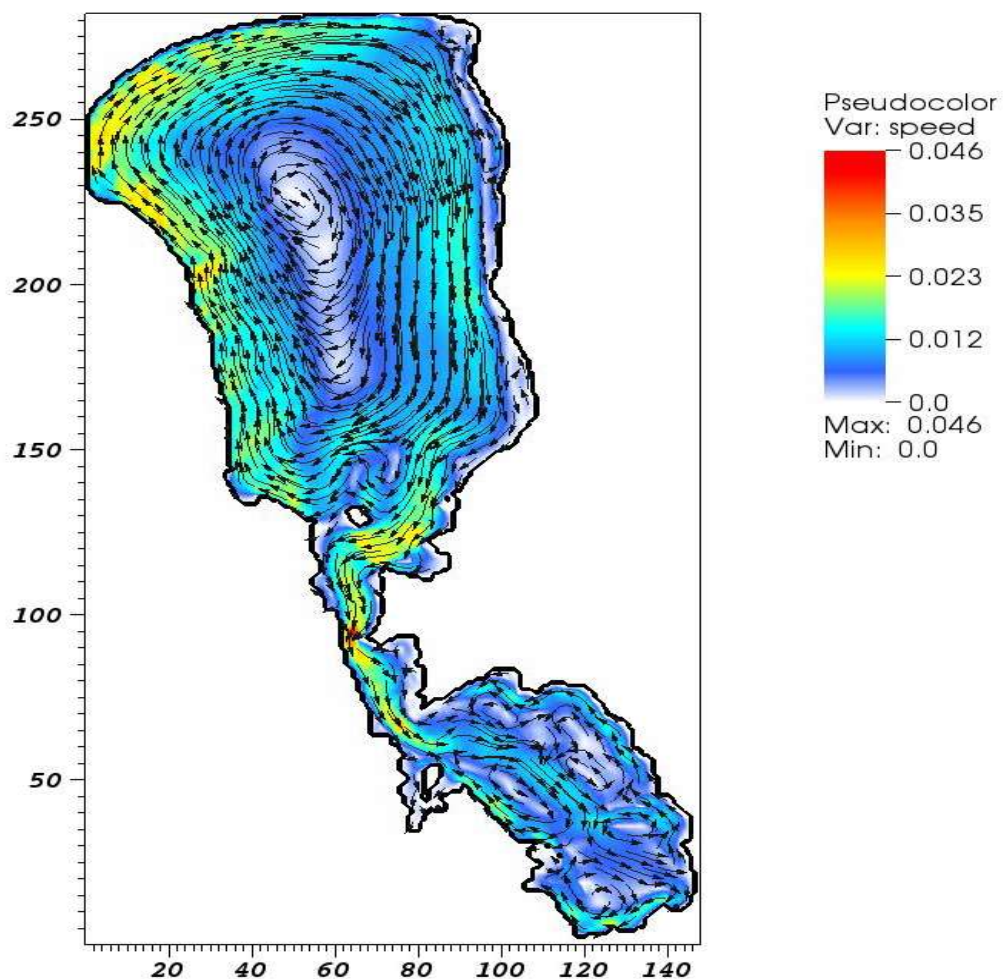


середина июня



Толщина льда (м) и поверхностная температура воды (°C)

Гидродинамика

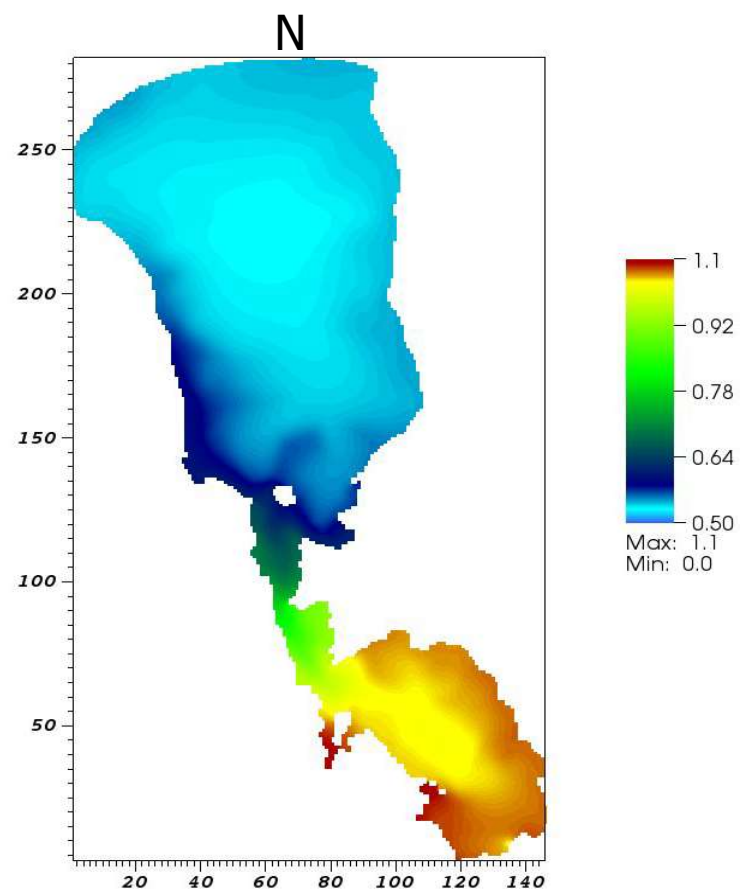
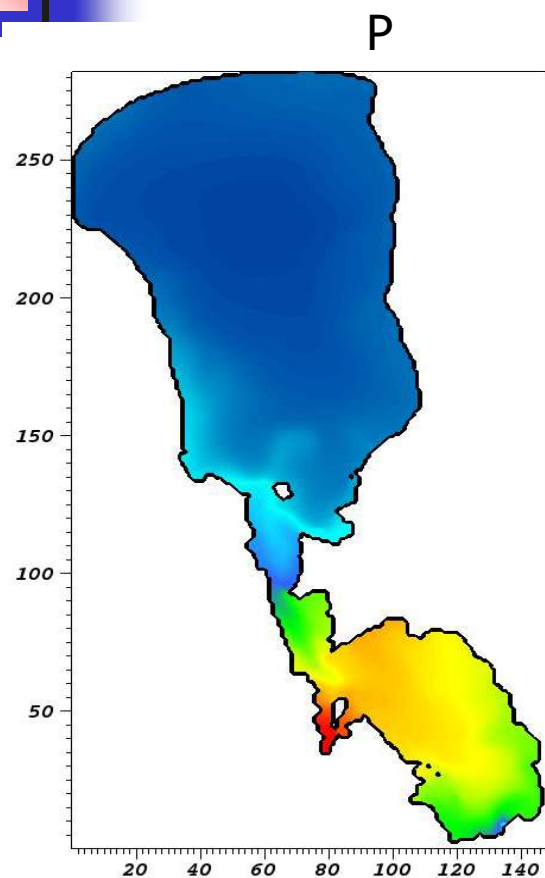


Поле скоростей (м/с)
течений в середине
апреля

Чудское оз. –
антициклональная
циркуляция подо льдом

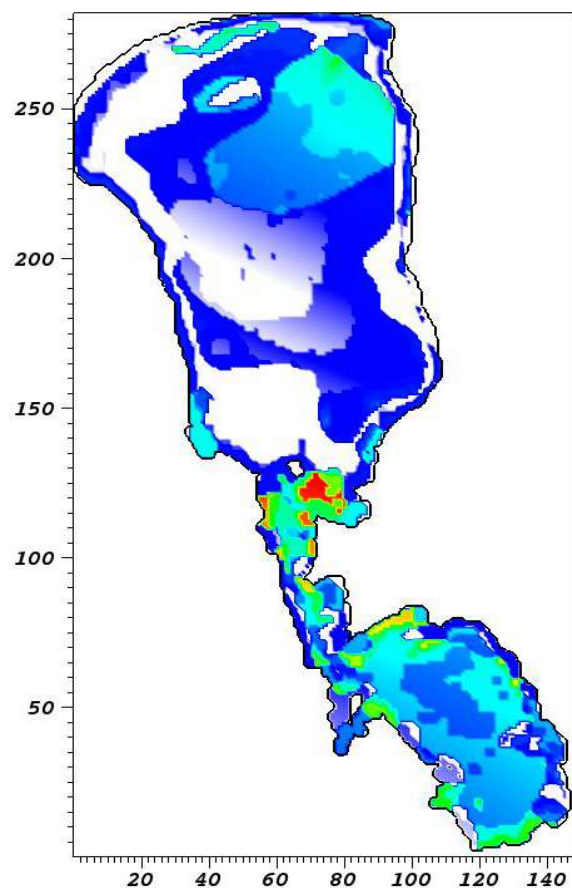
Псковское оз. –
преобладание ветрового
воздействия

Перенос примеси

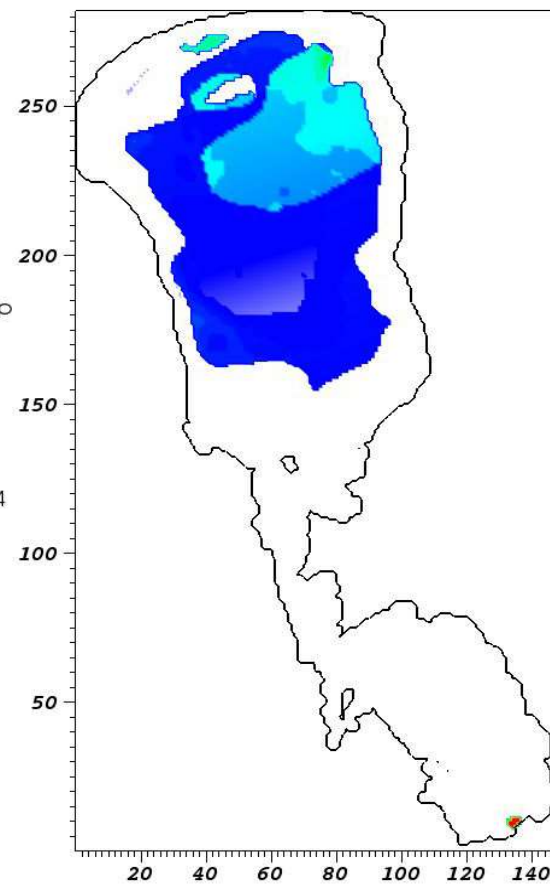


Пространственное распределение концентрации в середине июня

Взмучивание (ресуспензия)

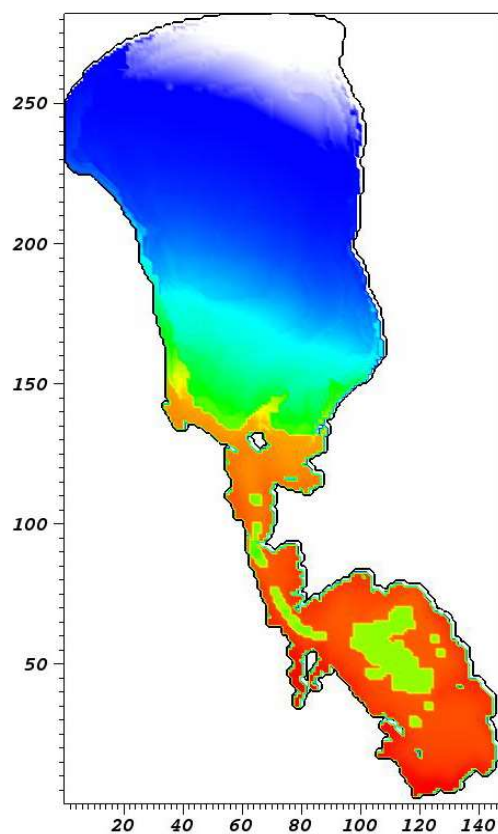


июль

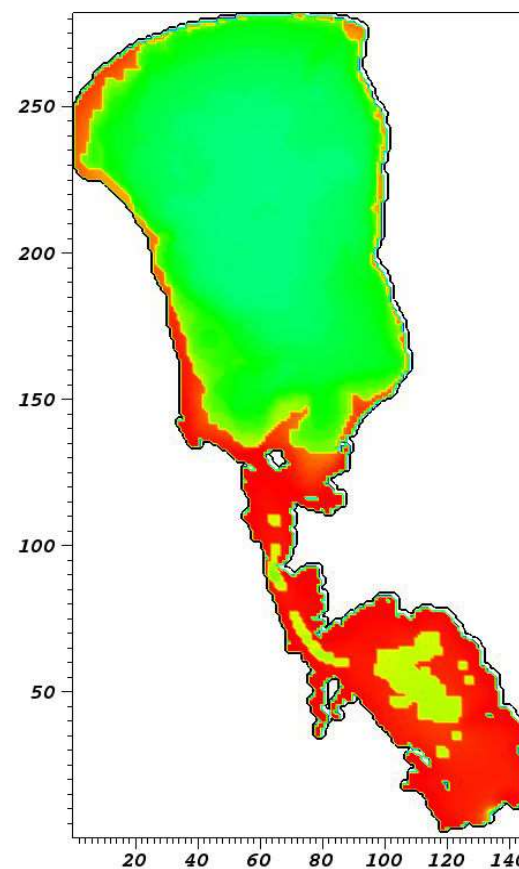


ноябрь

Первичная продукция фитопланктона

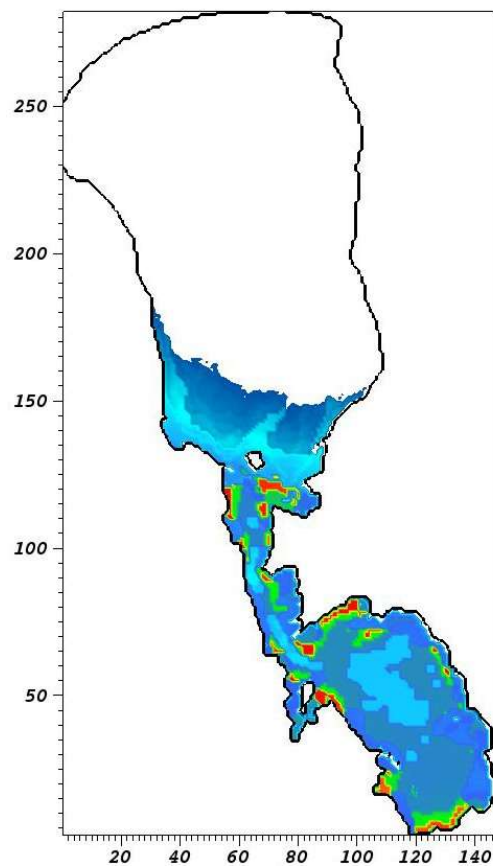


апрель

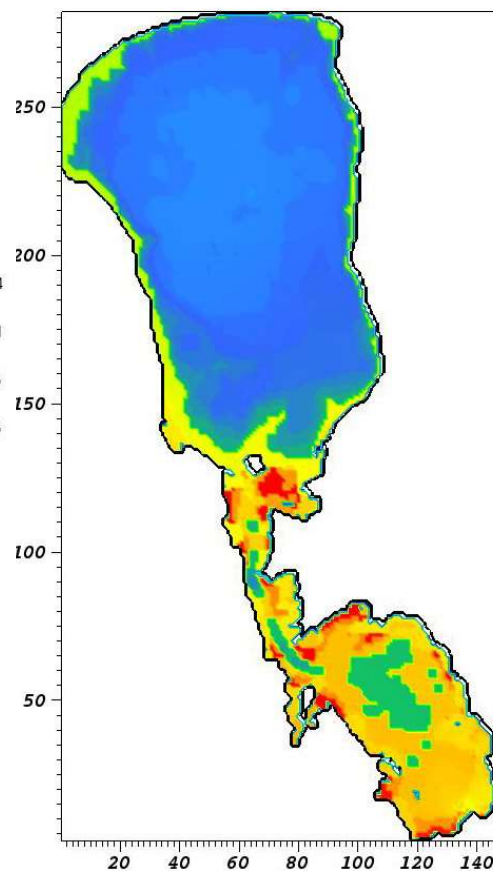


июль

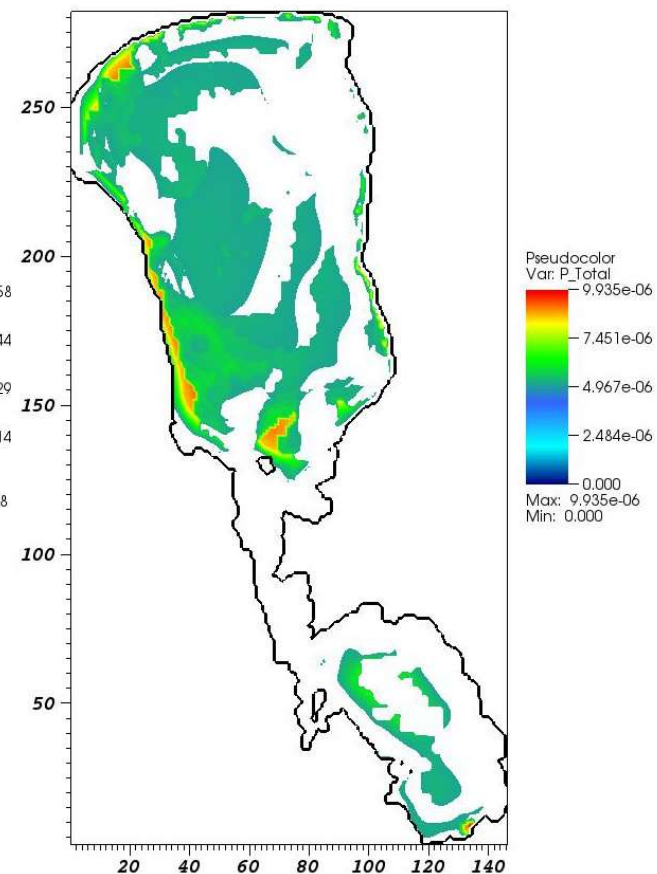
Внутренняя фосфорная нагрузка



апрель

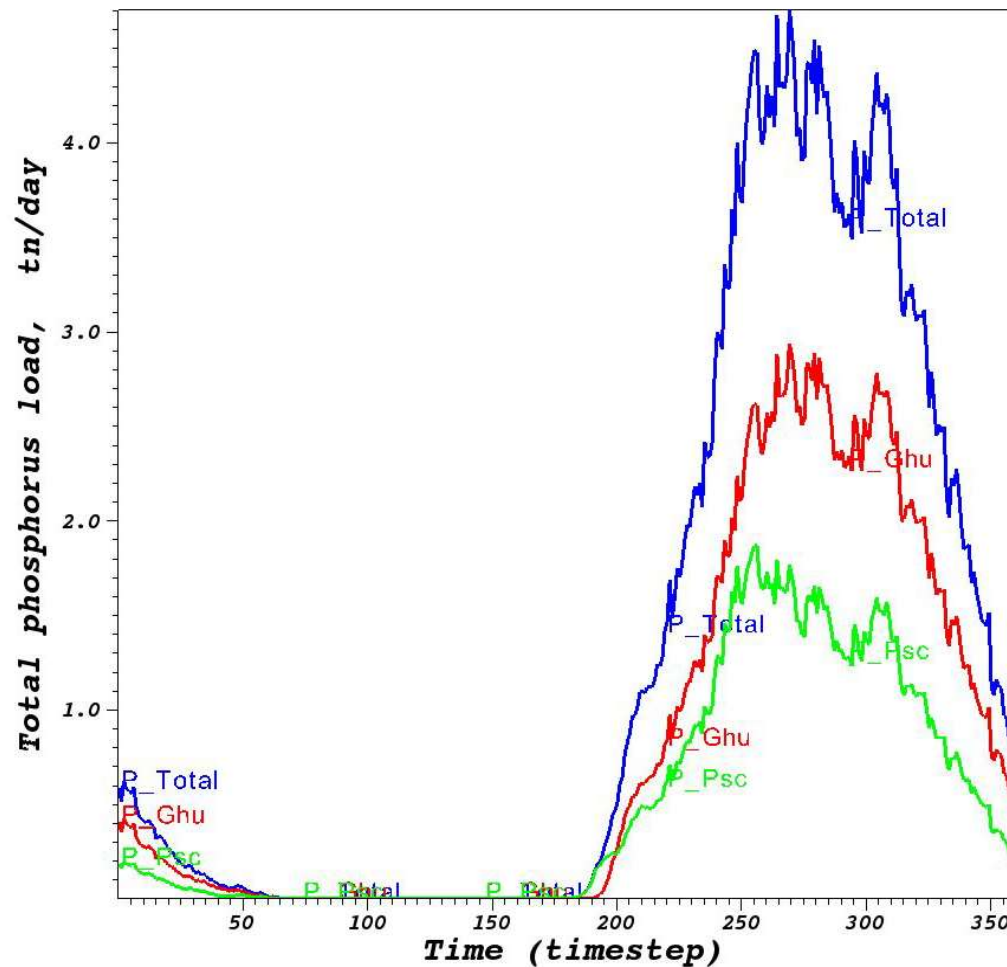


июль



ноябрь

Сезонная динамика внутренней фосфорной нагрузки на
Чудско-Псковское озеро в течение СКГ
начальная дата по оси X – 01 октября



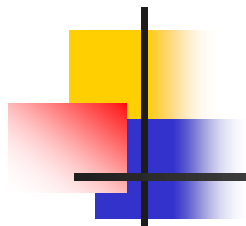
Сравнение результатов расчета внутренней нагрузки

	Внутренняя нагрузка по результатам моделирования Фосфор (т/год)	Внутренняя нагрузка по результатам моделирования Азот (т/год)	Данные натурных наблюдений	
			Фосфор (т/год)	Азот (т/год)
Чудское озеро	550	5843	695	6763
Псковское озеро	375	3563	377	3027
Суммарная нагрузка	925	9406	1072	9790
Внешняя нагрузка, 2001-2015 гг.	641	16779		

Результаты имитационного моделирования возможного изменения содержания фосфора и азота в Чудско-Псковском озере в зависимости от их концентрации в р.Великой

Вариант расчета	Концентрация в стоке р. Великой (мг/л)		Изменение средней концентрации (мг/л)		Изменение общей биогенной нагрузки (т/год)	
	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот	Фосфор	Азот
1	0,08	1,5	+0,0032	+0,0391	+79	+977
2	0,06	0,9	-0,001	-0,01	-23	-250

Снижение концентрации биогенных веществ на 10% (вариант расчета 2) способно привести к снижению суммарной (внутренняя + внешняя) нагрузки на Чудско-Псковскую озерную систему на 1,5% фосфорной нагрузки и на 0,95 % азотной по отношению к рассчитанным среднегодовым значениям



Спасибо за внимание