



Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



Развитие методов моделирования тепломассопереноса в системе водосбор-водоток-водоем в Институте озероведения РАН

Кондратьев С.А., Голосов С.Д., Шмакова М.В., Игнатьева Н.В., Расулова А.М., Зверев И.С.





Одно из основных предназначений моделирования – выполнение имитационных и прогностических расчетов с целью «изучения, прогнозирования, оптимизации сложных многопараметрических нелинейных процессов, теоретическое и экспериментальное исследование которых традиционными методами затруднено или невозможно» [Самарский, 1983]



Построение модели сложной неоднородной водной системы осуществляется в соответствии со следующими определяющими факторами [Румянцев и др., 1085]:

- Требованиями поставленной задачи;
- Особенности строения объекта исследования;
- Наличие и размещения пунктов измерительной сети, являющимися источником исходной информации для моделирования;
- Возможностей потребителя при компьютерной реализации модели.

Исходя из перечисленных факторов выбираются соответствующие пространственно-временные характеристики модели (масштабы по времени и пространству), определяются шаг расчетов по времени и схематизация объекта.



Основные компоненты модельной системы Института озероведения РАН, описывающей тепломассоперенос в системе водосбор-водоток-водоем



Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»





Институт озераведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

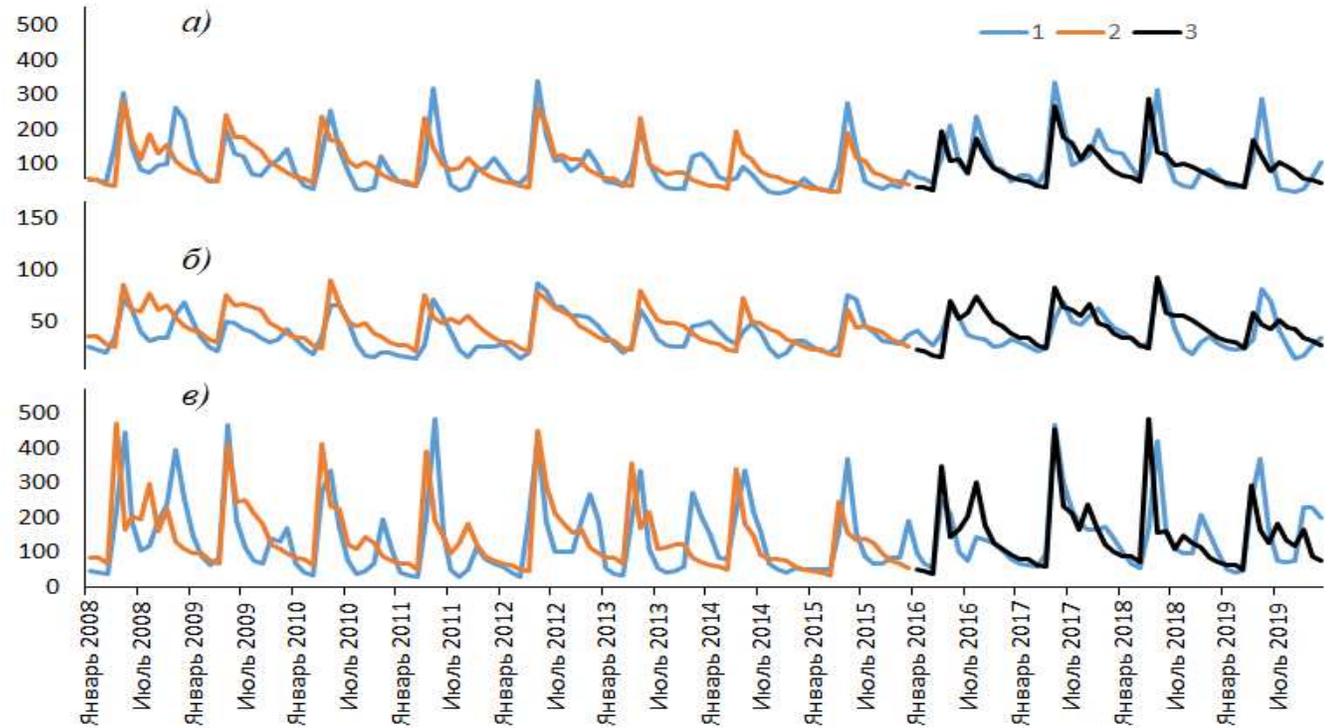


РНФ 22-17-00193
«Информационно-аналитическая система для фундаментальных исследований экосистемы озера и его водосбора и обоснования управленческих решений в условиях возрастающего антропогенного воздействия и изменения климата» - Рук. чл.-корр. РАН Филатов Н.Н.



Тип	Цвет
1	Зеленый
2	Оранжевый
3	Черный
4	Синий
5	Красный
6	Фиолетовый

Q, м³/с



Сравнение измеренных и рассчитанных гидрографов стока (мм/мес) с водосборов рек Шуй, створ – д. Бесовец, 95060 км² (а), Суны, створ – пгт.Поросозеро, 3370 км² (б) и Водлы, створ – г. Пудож, 12000 км² (в): 1 – измерения СЗУГМС, 2 – результаты калибровки модели стока ILLM, 3 – результаты её верификации

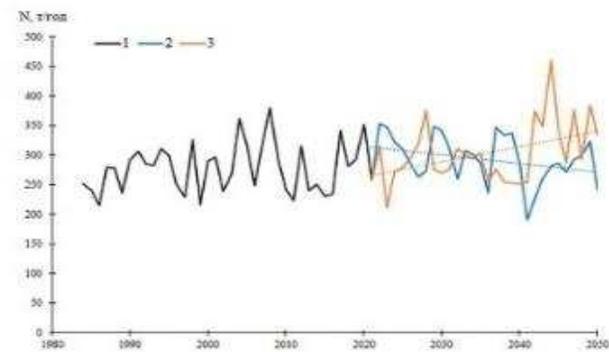
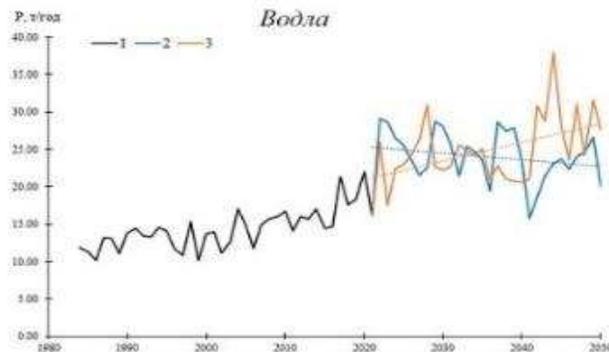
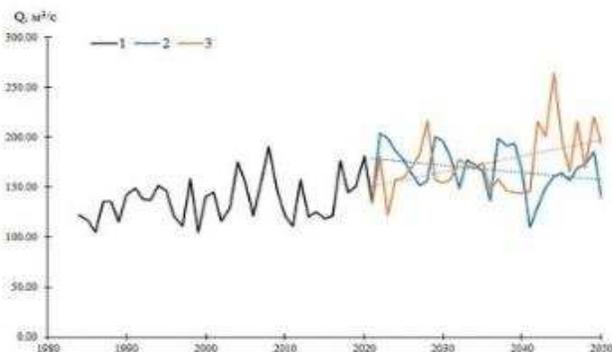
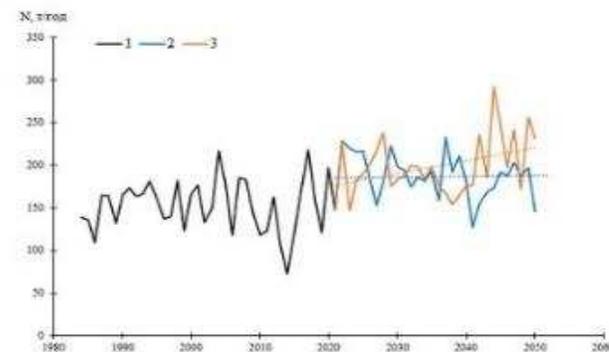
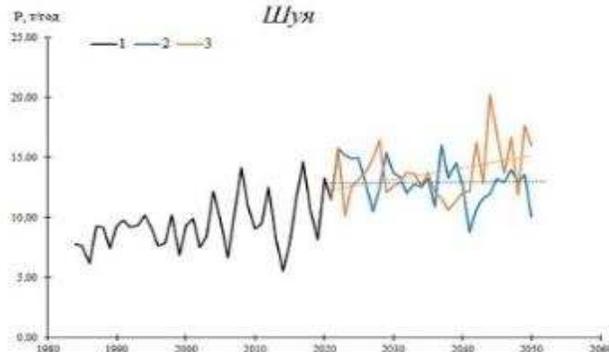
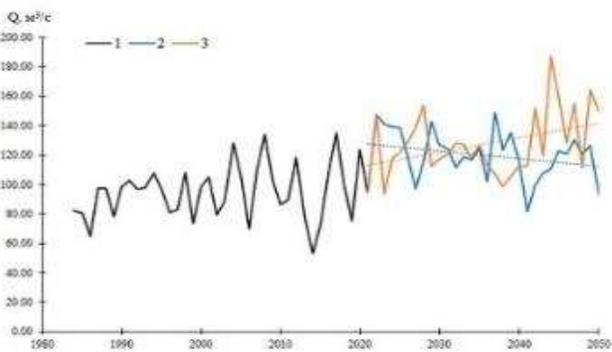
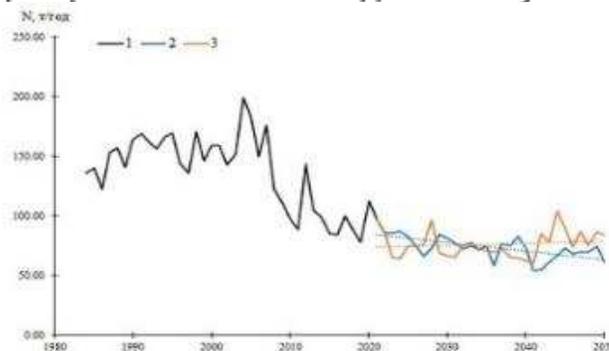
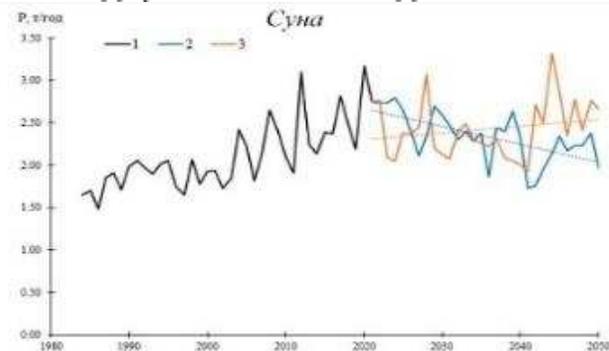
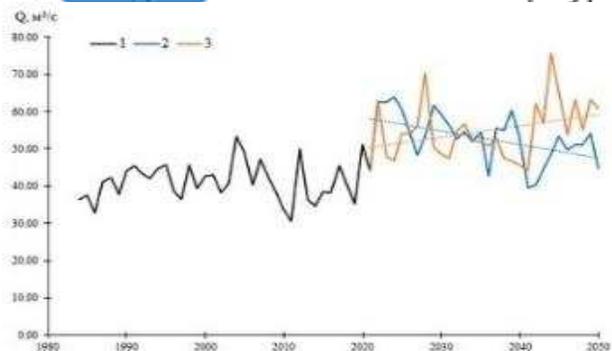


Схемы модели стока ILLM и биогенной нагрузки ILLM



Институт озераедения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



Расход воды в реках Суна, Шuya и Водла и вынос общих форм фосфора и азота для периода 1984–2021 гг. (1) и их прогностические оценки на период 2022–2050 гг., рассчитанные по сценариям RCP 2.6 (2) и RCP 8.5 (3).
Q (м³/с) - расходы воды, P (т/год) - вынос фосфора, N (т/год) - вынос азота.



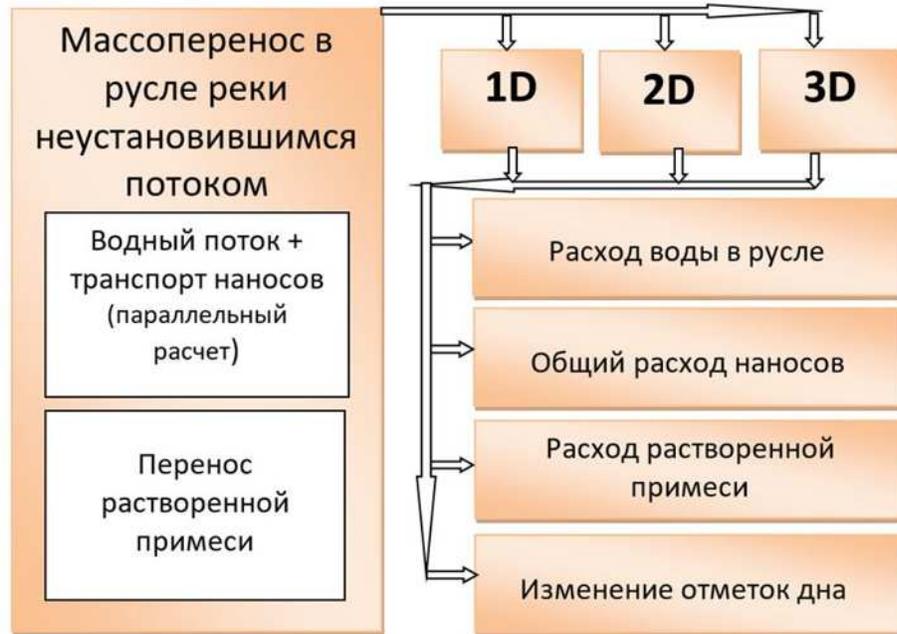
Схема стохастической модели погоды

Параметры распределения рассчитанных годовых слоев стока H (мм/год), рассредоточенной нагрузки общим фосфором LP и общим азотом LN (т/год) на **Онежское озеро** со стороны водосбора, природные составляющие нагрузки LP_{nat} и LN_{nat} : среднее — X_{cp} , среднее квадратичное отклонение — σ , значения нагрузки обеспеченностью 1, 5, 25, 75, 95 и 99 % — $X\%$

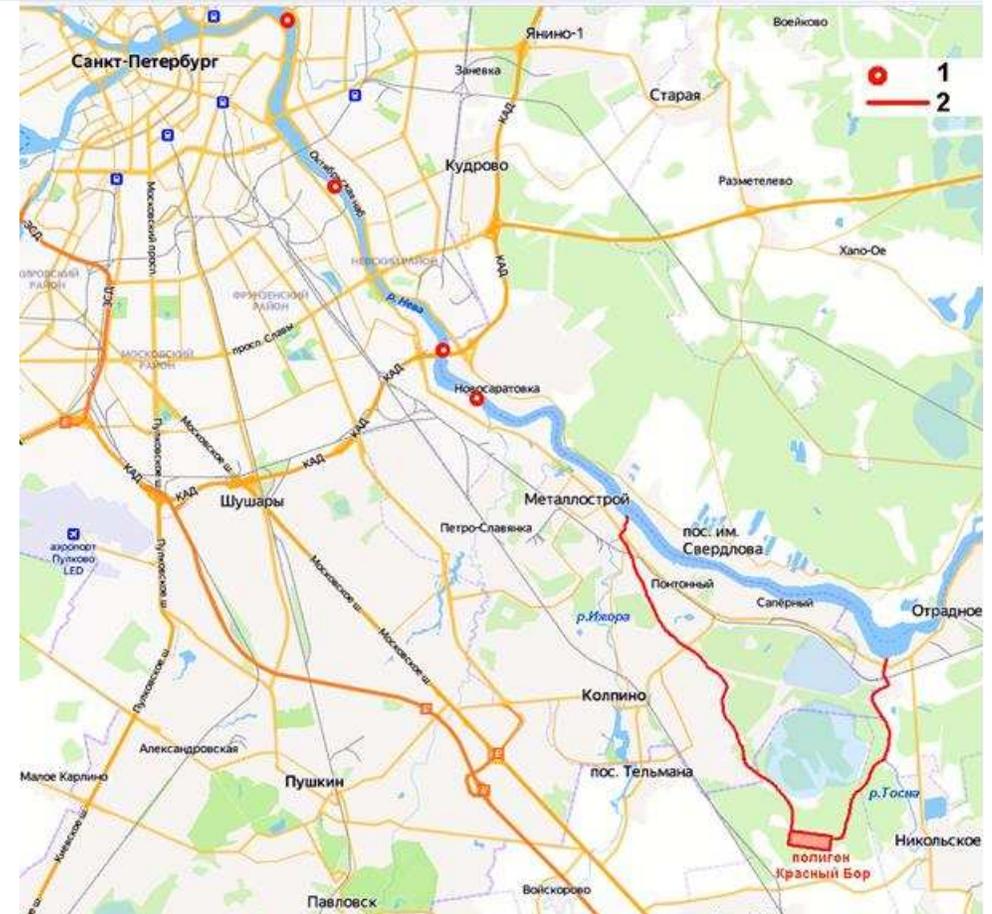
	X_{cp}	σ	$X_{1\%}$	$X_{5\%}$	$X_{25\%}$	$X_{75\%}$	$X_{95\%}$	$X_{99\%}$
H , мм	322	49	436	403	355	289	241	208
LP	669	165	1053	941	780	558	397	285
LP_{nat}	498	127	794	708	583	413	288	202
LN	11 981	2628	18 114	16 324	13 744	10 218	7638	5848
LN_{nat}	6781	1534	10 355	9312	7809	5753	4250	3207



«Environmental impacts of the Krasny Bor toxic waste landfill – EnviTox»



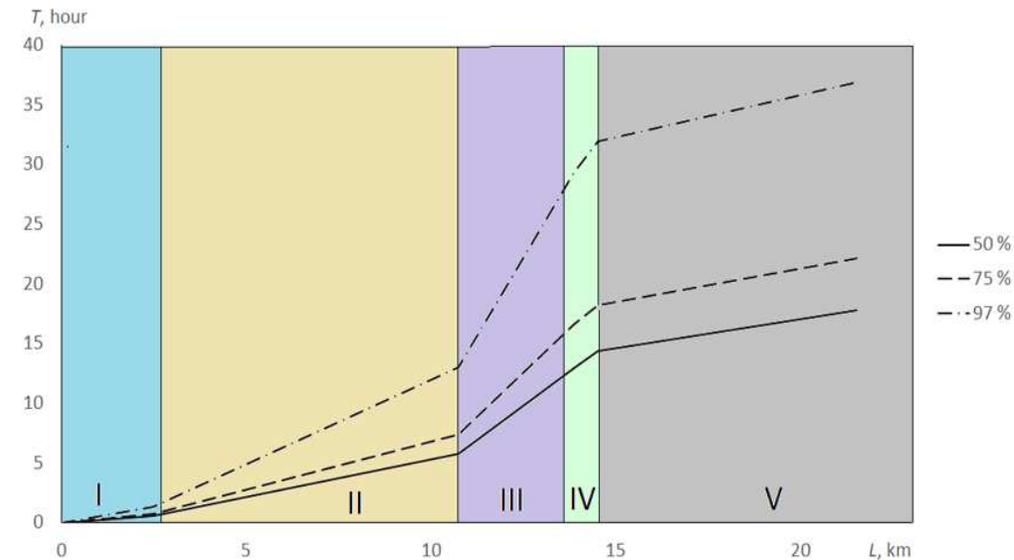
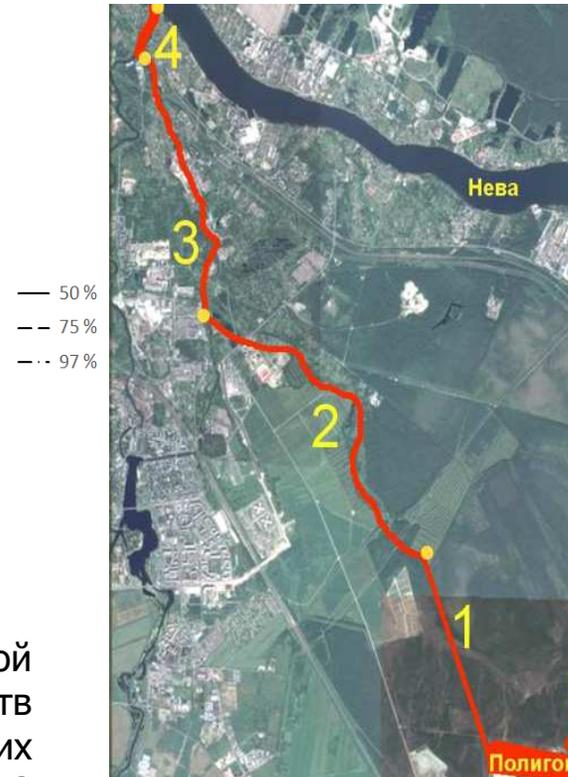
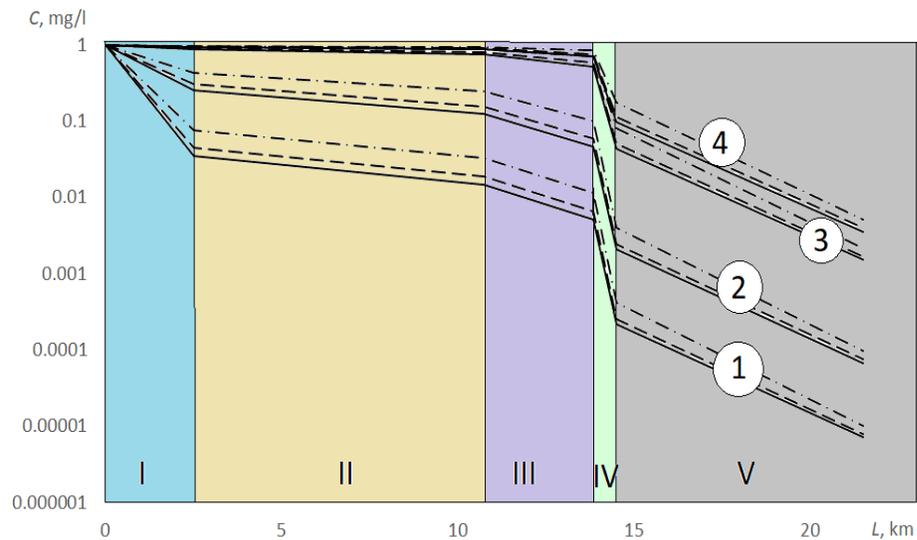
Модели неустановившегося течения, переноса взвешенных и растворимых примесей в русле



Распространение загрязнения в русле реки Невы в результате возможной аварийной ситуации на полигоне токсичных отходов Красный Бор 1- водозаборы СПб, 2 – возможные пути распространения аварийных сбросов



Аварийный сброс через р. Ижору

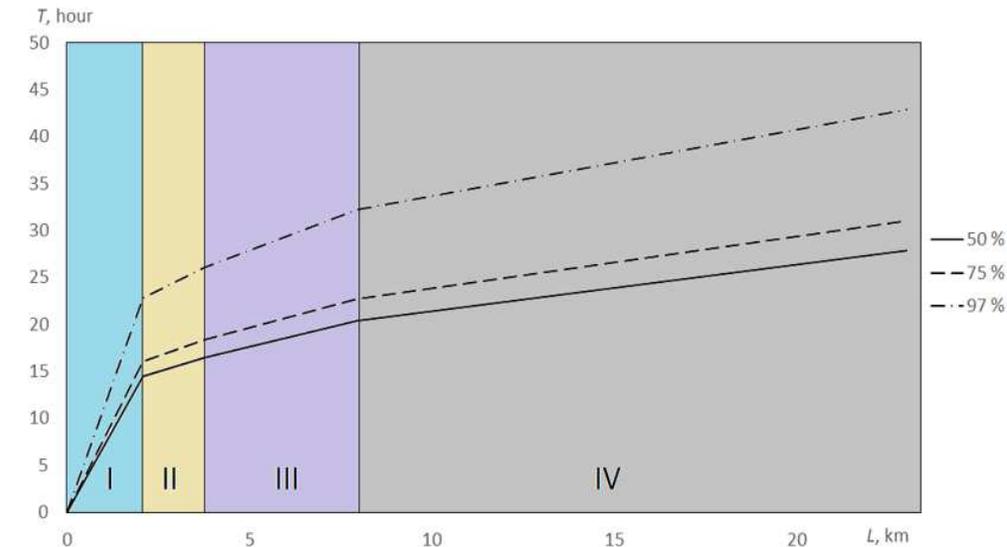
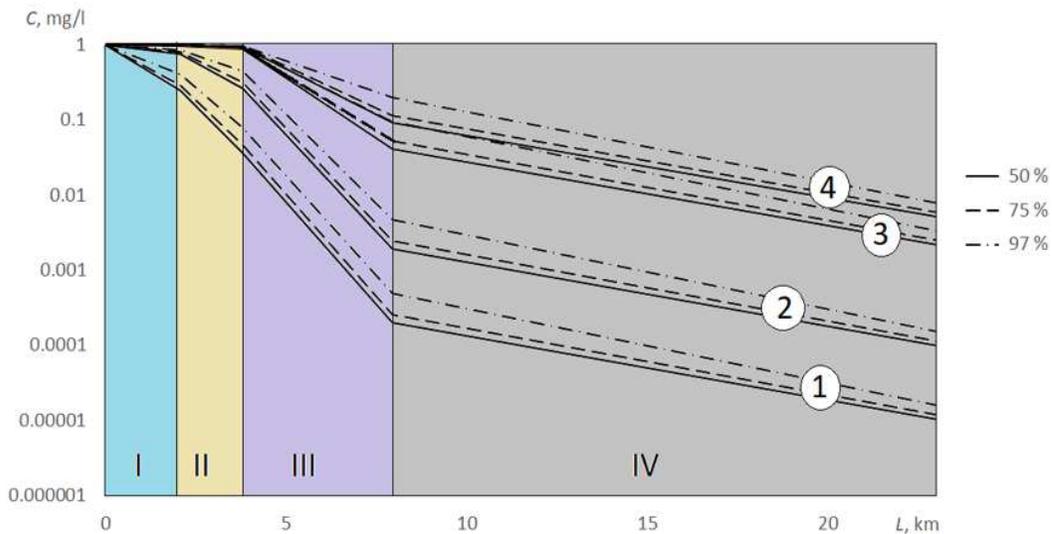


Результаты расчетов снижения значения начальной единичной концентрации загрязняющих веществ при аварийном сбросе на участках трассы их возможного распространения по сценариям 1, 2, 3 и 4 до водозабора СВС при водности 50, 75 и 97% обеспеченности и движении сточных вод через водосбор реки Ижоры

Результаты расчетов времени добега сточных вод в результате аварийного их сброса до водозабора СВС через водосбор реки Ижоры при водности 50, 75 и 97% обеспеченности



Аварийный сброс через р. Тосну



Результаты расчетов снижения значения начальной единичной концентрации загрязняющих веществ при аварийном сбросе на участках трассы их возможного распространения по сценариям 1, 2, 3 и 4 до водозабора СВС при водности 50, 75 и 97% обеспеченности и движении сточных вод через водосбор реки Тосны

Результаты расчетов времени добегания сточных вод в результате аварийного их сброса до водозабора СВС через водосбор реки Тосны при водности 50, 75 и 97% обеспеченности»



Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



«Методика дистанционной оценки характеристик неизученных озер зон многолетней мерзлоты с использованием спутниковой информации и математического моделирования»

Рук. – д.ф.м.н. Кондратьев

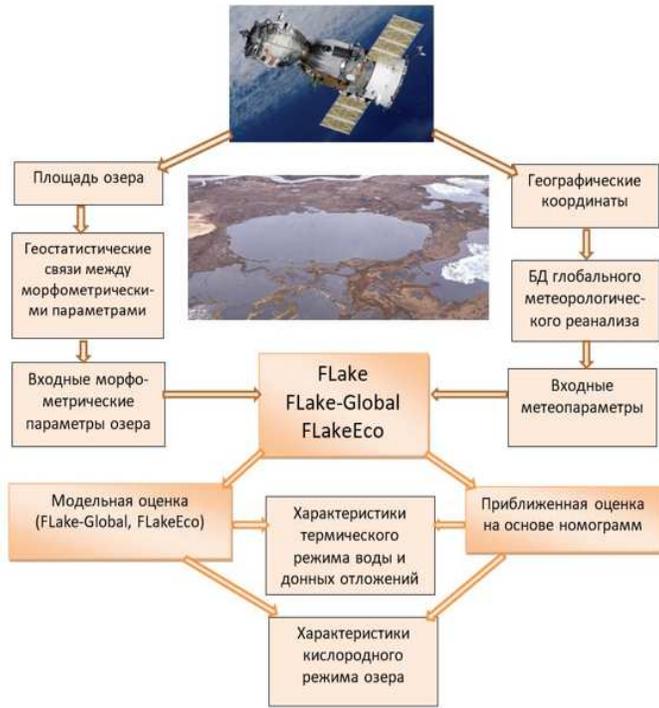
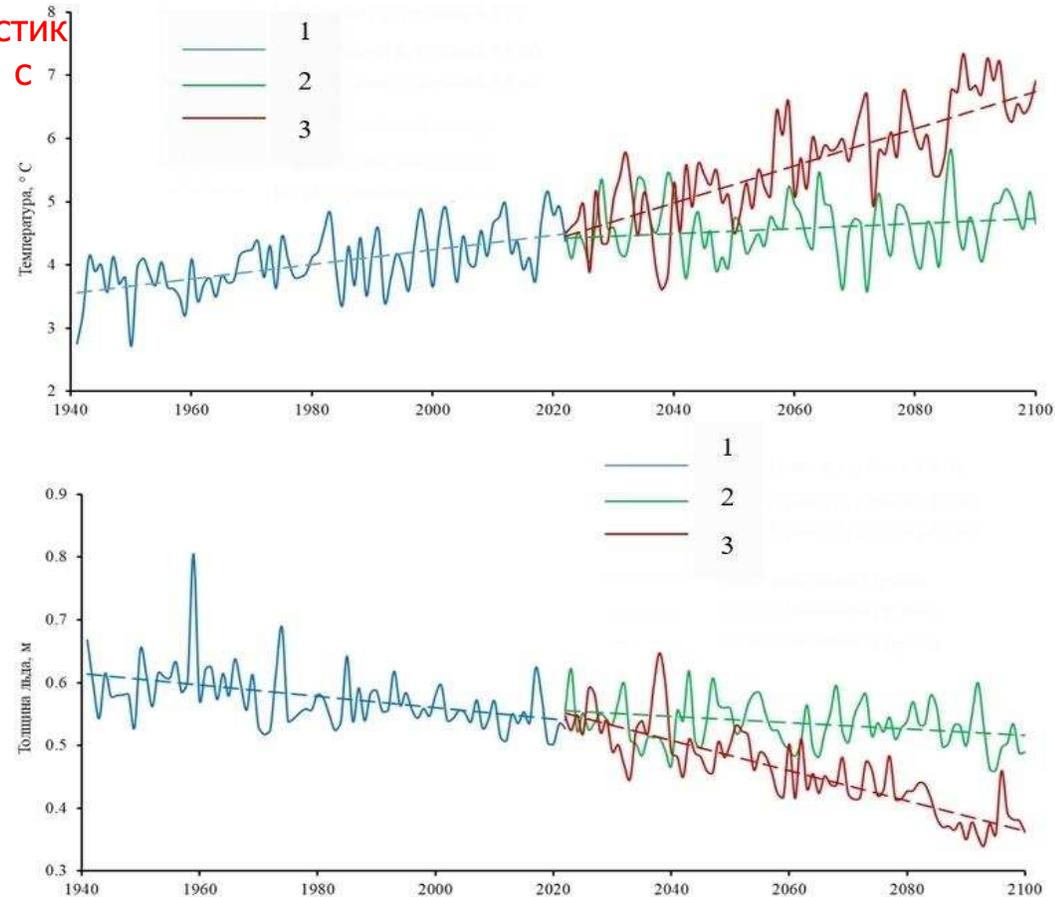
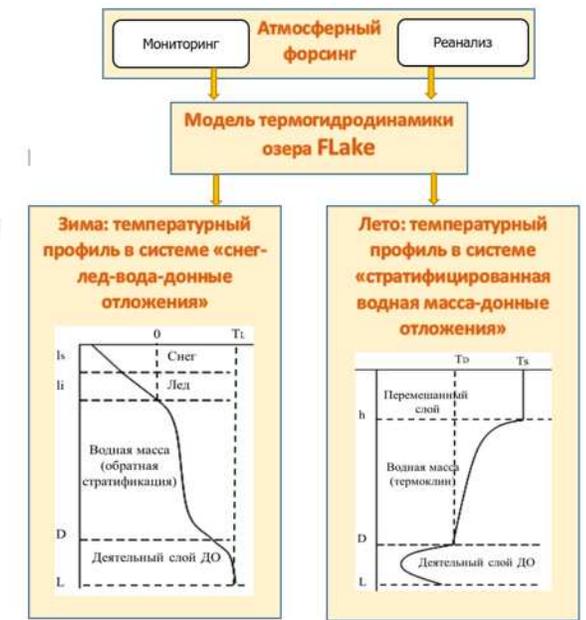


Схема дистанционной оценки характеристик малых и средних неизученных труднодоступных водоемов



Ретроспективная – 1, и прогностическая - 2 (RCP 2.6) и 3 (RCP 8.5) оценки динамики среднегодовых ТГД характеристик (среднегодовая **температура водной массы** и средняя **толщина ледового покрова**) ледниковых озер Якутии области умеренного континентального климата с достаточным увлажнением за период 1940-2100 гг.

Одномерная модель термогидродинамики водоема FLake





Институт озероведения Российской академии наук

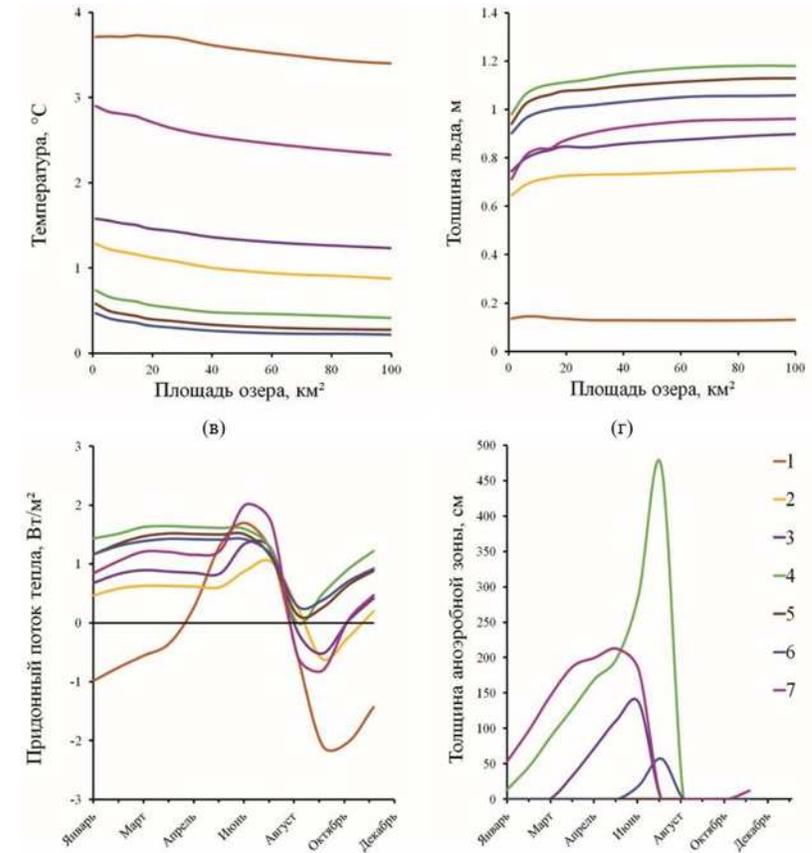
обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



Средние значения температуры поверхности воды (а), толщины льда (б) в зависимости от площади озера, теплообмен через границу вода-дно (в), а также внутригодовая динамика максимально возможной толщины анаэробной зоны (г) для различных зон тундры по результатам моделирования



Тундровые природные зоны России: 1 – Кольские низкоргорные тундры и редколесья, 2 – Большеземельские тундры, 3 – Ямало-Гыданские тундры, 4 – Северо-Таймырские арктические тундры, 5 – Североякутские тундры, 6 – Чукотские тундры, 7 – Тундры и редколесья Корякского нагорья
(<https://ecoregions.appspot.com/>)





«Научные исследования по изучению динамики содержания химических веществ и изменчивости состояния водных экосистем в бассейне трансграничной реки Иртыш (Ертыс) с целью разработки научно-обоснованных рекомендаций по оценке качества воды и состояния водных объектов по гидрохимическим показателям для трансграничных участков рек бассейна реки Иртыш (Ертыс)» шифр 22-14-НИР/02

4.6. Оценка внешней нагрузки на реку Иртыш и основные его притоки (включая диффузную составляющую) по результатам моделирования

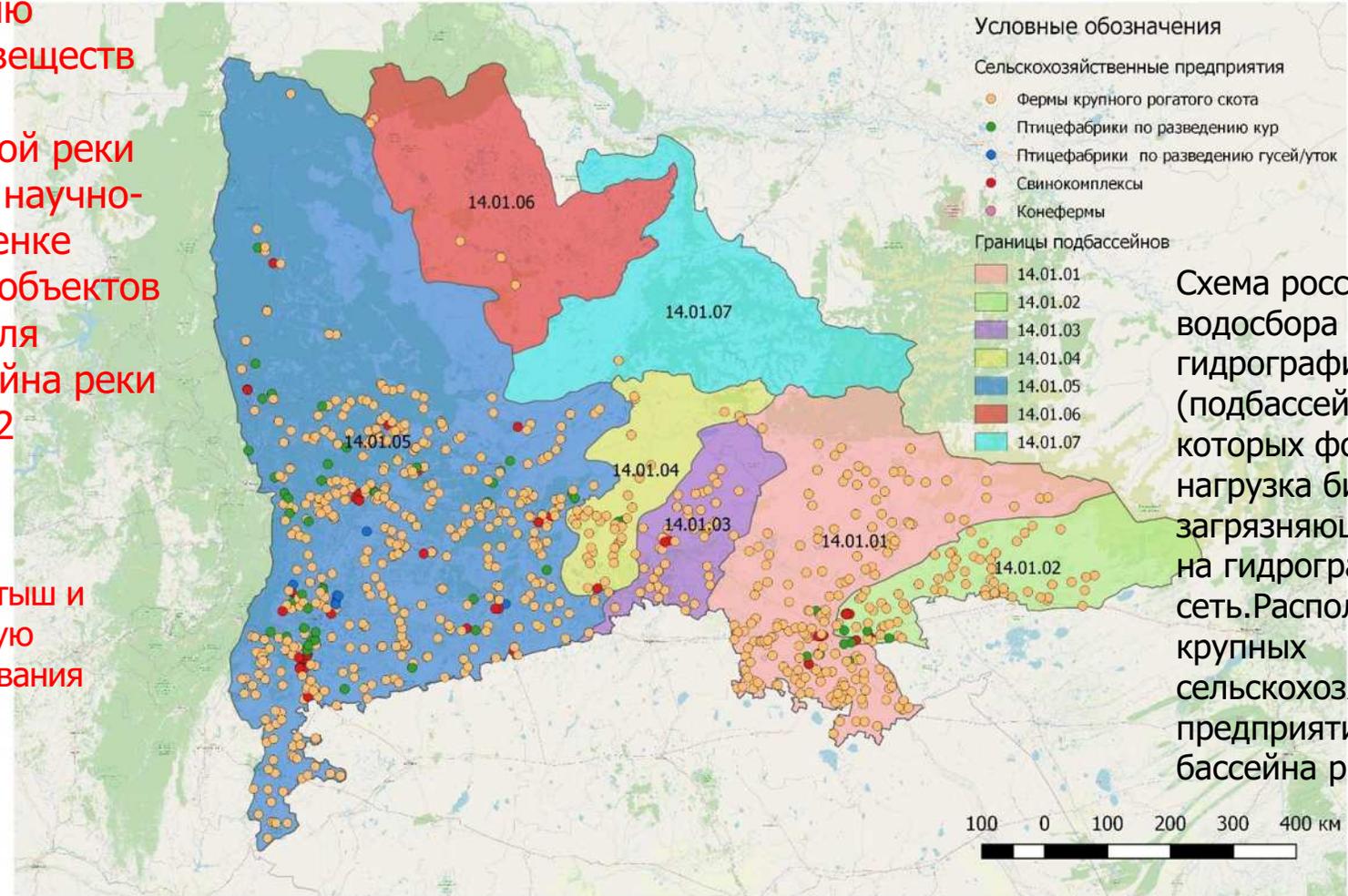


Схема российской части водосбора р. Иртыш и его гидрографических единиц (подбассейнов), в пределах которых формируется нагрузка биогенными и загрязняющими веществами на гидрографическую сеть. Расположение наиболее крупных сельскохозяйственных предприятий на территории бассейна р. Иртыш в 2021 г.



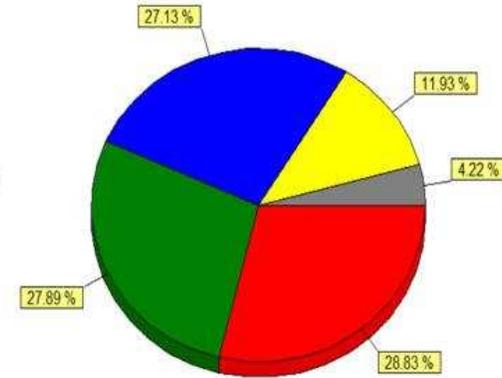
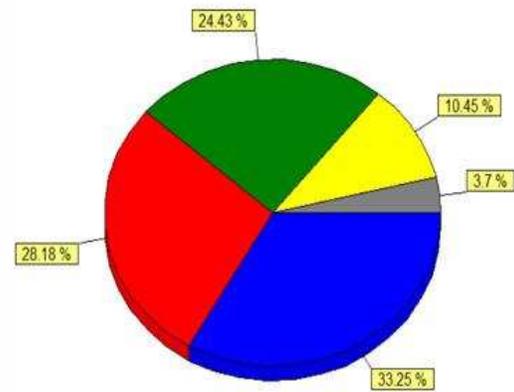
Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»

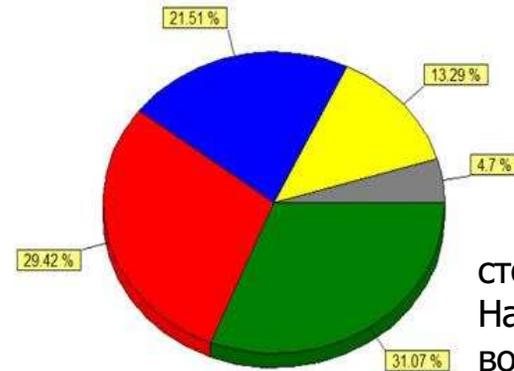
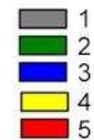


Обеспеченность стока 5% (116,0 мм/год)

Обеспеченность стока 50% (82,9 мм/год)



Обеспеченность стока 95% (59,0 мм/год)



Результаты расчета фактического (2021 г.) и прогнозного (после внедрения НДТ) среднегодового поступления биогенных элементов от сельскохозяйственного производства в первичную гидрографическую сеть изучаемых водосборов в пределах субъектов РФ.

Участок	N т/год	N т/год	P т/год	P т/год	$\Delta N, \%$	$\Delta P, \%$
		с НДТ		с НДТ		
14.01.01	37673	31941	1689	1520	15	10
14.01.02	12097	10688	701	652	12	7
14.01.03	4158	3195	209	174	23	17
14.01.05	56296	38794	2833	2124	31	25
14.01.06	37	26	2	2	30	0
14.01 - Российская часть водосбора р. Иртыш	113925	87449	5630	4636	23	18

Вклад различных составляющих внешней нагрузки (%) в вынос $P_{\text{общ}}$ со стоком Иртыша в створе Ханты-Мансийск в годы различной водности. Нагрузка: 1 – извне, 2 – точечными источниками, 3 – фоновый вынос с водосбора, 4 – атмосферой, 5 – диффузная с водосбора.



Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



«Экосистемы Ладожского озера, водоемов его бассейна и прилегающих территорий в условиях воздействия природных и антропогенных факторов на фоне климатических изменений»

Рук. – д.ф.м.н. Кондратьев С.А.,
д.г.н. Науменко М.А.

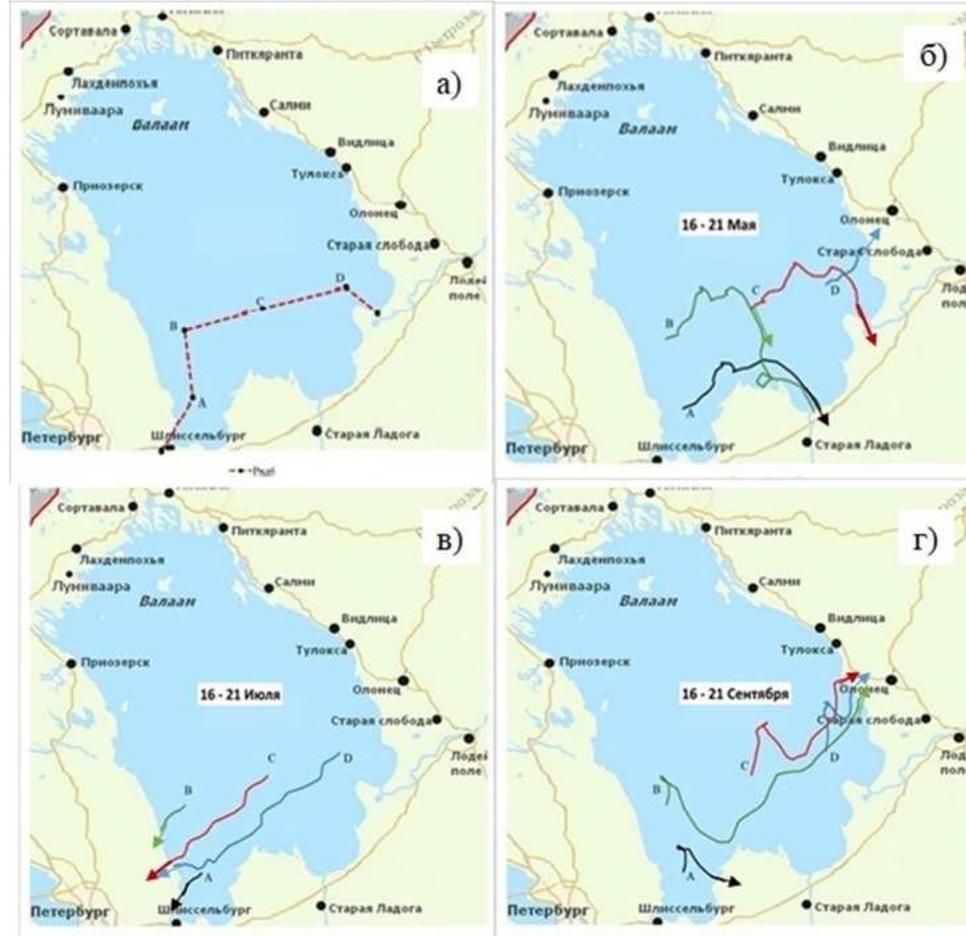
Распределение вод основных притоков по акватории Ладожского озера, характерное для зимнего периода



Бурная Волхов Свирь Озеро
Распределение вод основных притоков по акватории Ладожского озера, характерное для летнего периода



Показано, что в зависимости от времени года и типа циркуляции в озере водная масса бухты Петрокрепость поочередно формируется под воздействием стока рек Волхова и Бурной. Воды реки Свирь напрямую в бухту Петрокрепость не попадают



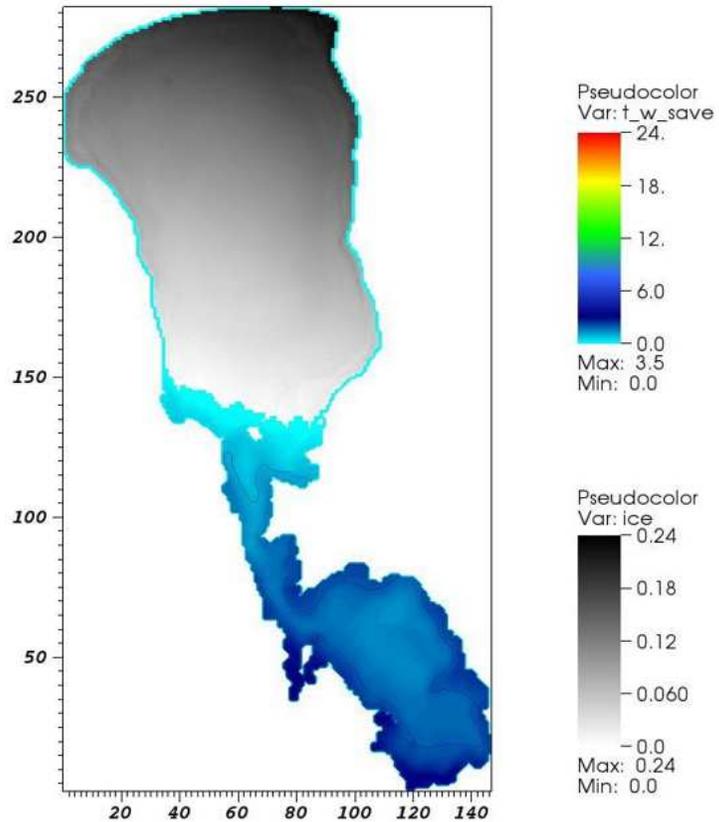
(а) – расположение точек (А, В, С, D) условного разлива нефти на фарватере Ладожского оз. между Шлиссельбургом и Свирской губой; (б), (в), (г) – траектории распространения нефтяных загрязнений в Ладожском озере в разные сезоны года при различных гидрометеорологических условиях

Прогноз последствий аварийного разлива нефтепродуктов в акватории Ладожского озера

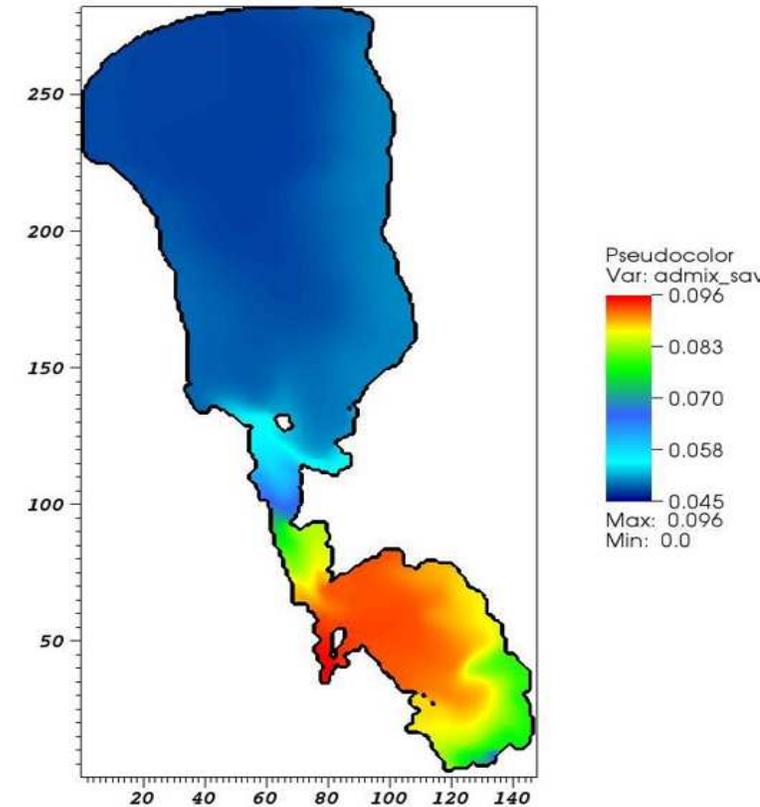
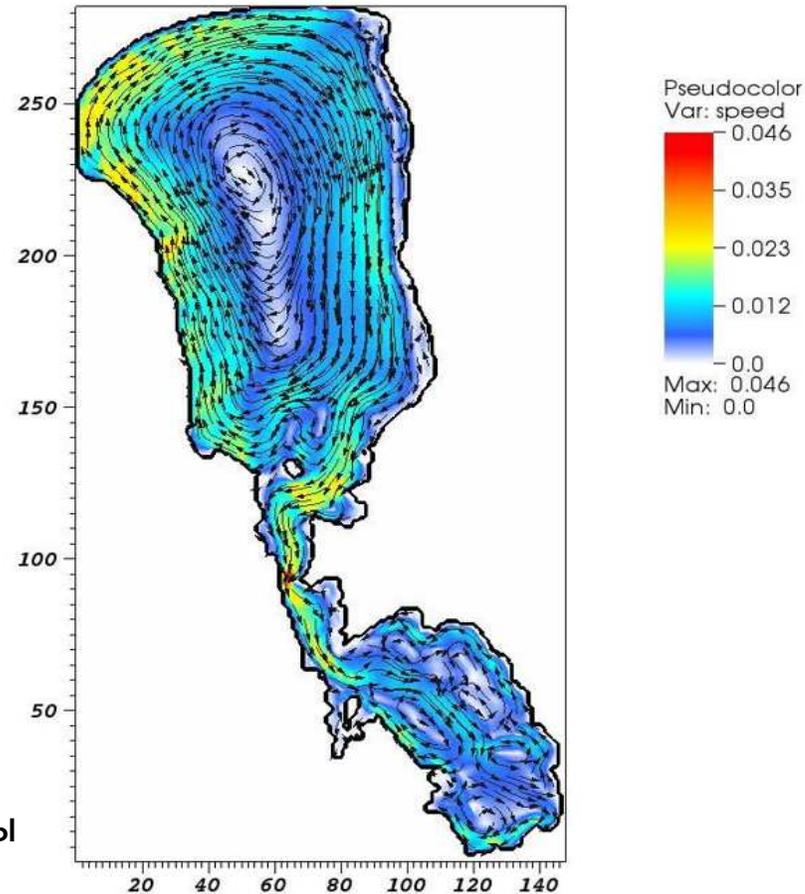
Весной наибольшей опасности загрязнения могут подвергнуться Волховская губа, Свирская губа, Нижне-Свирский заповедника. Летом загрязнению подвергнутся город Шлиссельбург и бухта Петрокрепость – исток реки Невы. Осенью распространение загрязнений происходит на восток в направлении Олонечкой ООПТ, минуя при этом Волховский и Свирский заливы.



Поле скоростей течений в Чудском и Псковском озерах в середине апреля СКГ



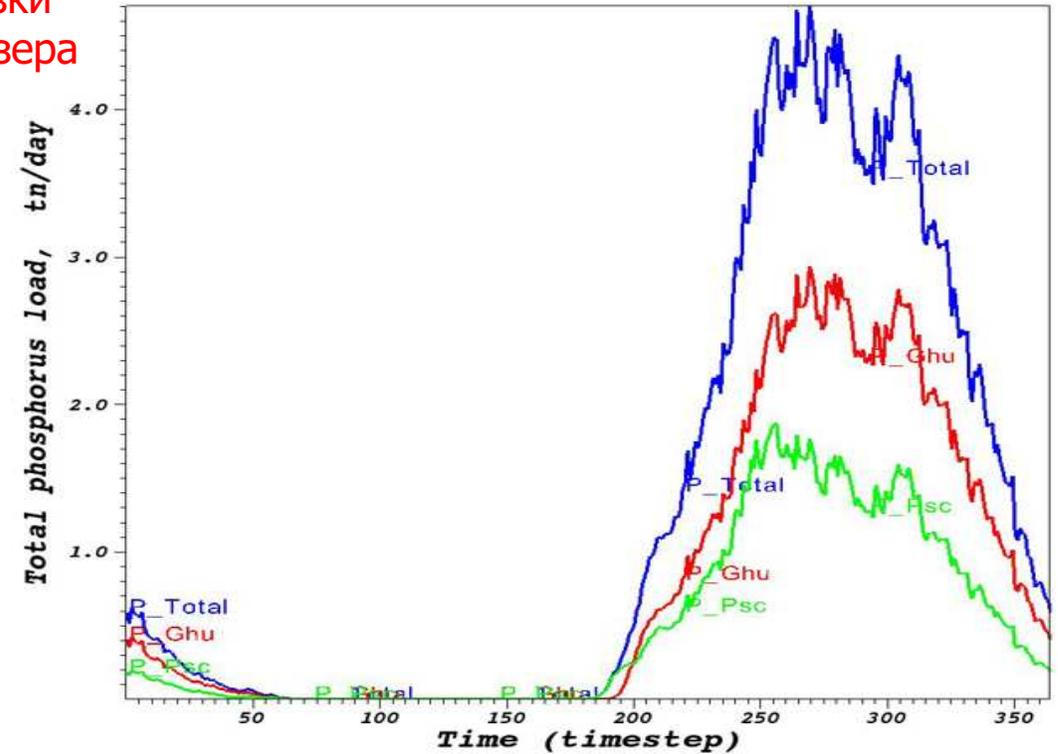
Пространственное распределение толщины льда (м) и поверхностной температуры воды (°C) в середине апреля СКГ



Пространственное распределение концентрации общего фосфора в середине марта СКГ



Научные исследования по изучению роли внутренней нагрузки в формировании состояния экосистемы Чудско-Псковского озера



Сезонная динамика внутренней фосфорной нагрузки на Чудско-Псковскую озерную в течение СКГ (синяя линия), Чудское оз. (красная линия) и Псковское оз. (зеленая линия). Начальная дата по оси X – 01 октября

Район озера	Седиментация		Захоронение		Поступление из д. о.	
	гР/м ² год	т /год	гР/м ² год	т/год	гР/м ² год	т/год
Чудское оз.	0.87	2049	0.57	1354	0,29	695
Псковское оз.	0.80	767	0.41	389	0,39	378
Всё озеро	0.85	2816	0.53	1743	0.32	1073



«Сохранение и предотвращение загрязнения реки Волги»

Средняя многолетняя биогенная нагрузка на Куйбышевское водохранилище
(расчет по моделям ILHM + ILLM)

Правобережный водосбор (площадь – 30878 км², средний слой стока 74 мм/год)

	Фосфор	Азот
Нагрузка на Куйбышевское водохранилище (т/год)	515.3	11141.4
Природная (фоновая) составляющая	29.4	685.0
Диффузная (антропогенная) составляющая, вкл. атмосферные выпадения	484.4	10427.4
Модуль выноса (кг/км ² год)	16.7	360.8

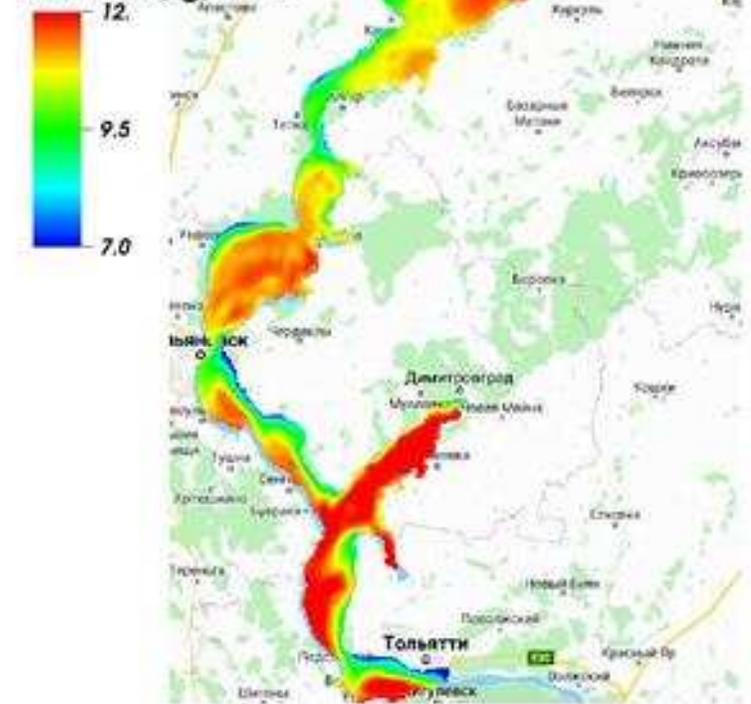
Левобережный водосбор (площадь – 60207 км², средний слой стока 125 мм/год)

	Фосфор	Азот
Нагрузка на Куйбышевское водохранилище (т/год)	1121.8	25389.7
Природная (фоновая) составляющая	104.0	2732.9
Диффузная (антропогенная) составляющая, вкл. атмосферные выпадения	984.0	21243.8
Модуль выноса (кг/км ² год)	18.6	421.7

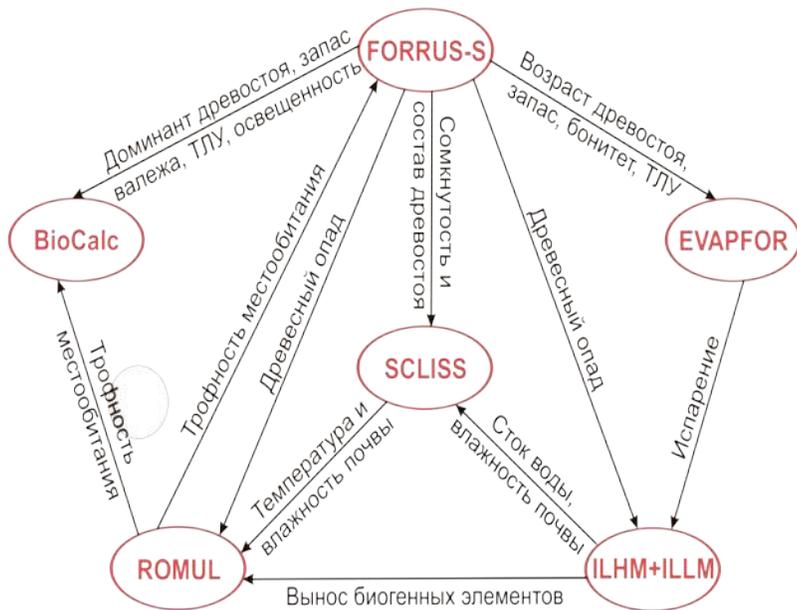
Kuibyshev Reservoir

19.07.2014

Biomass, g/m³

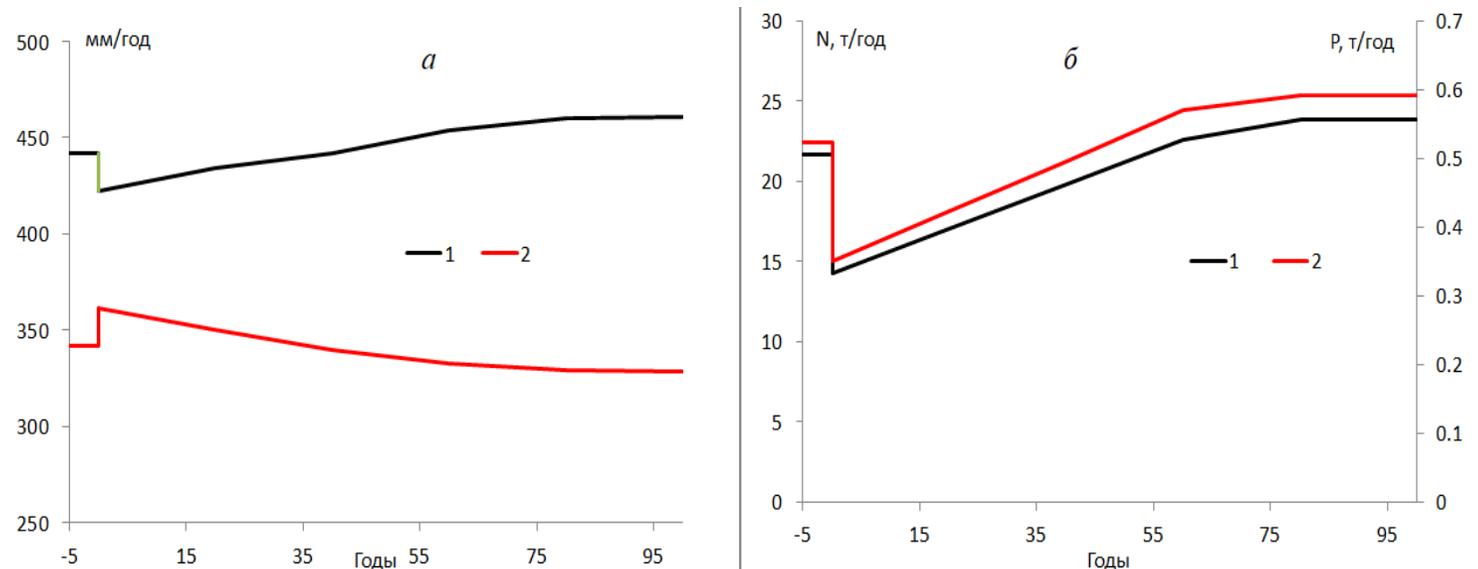


Пространственное распределение общей биомассы фитопланктона в Куйбышевском водохранилище в середине лета



Создание научно-технического задела для автоматизированной оценки и прогноза компромиссов и синергии между экосистемными услугами лесов, включающего использование математических моделей ILHM, ILLM. Заказчик - Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН)

Модель	Выходные параметры
FORRUS-S	древесные и недревесные ресурсы, рекреационный потенциал, биоразнообразие
ROMUL	пулы углерода и азота почвы, доступный азот, выбросы углекислого газа
SCLISS	Температура и влажность почвы
ILHM, ILLM, EVAPFOR	Сток, испарение, вынос питательных веществ, влажность почвы
BIOCALC	балл биоразнообразия, состав растительности живого напочвенного покрова



Динамика среднегодовых значений испарения – 1 и стока – 2 (а), а также выноса азота – 1 и фосфора – 2 (б) в процессе лесовосстановления после вырубki 50% площади леса на водосборе Бол. Велмуksы



Институт озероведения Российской академии наук

обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук»



80 лет
развития лимнологии
в Институте озероведения
Российской академии наук

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!