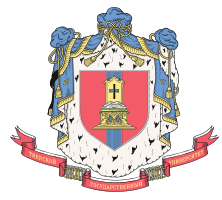


Оценка изменения теплового загрязнения озер-охладителей Калининской АЭС с 1985 по 2020 год по данным сенсоров спутников серии Landsat

Александр В. Бочаров

bochalex@bk.ru



Тверской государственный университет



Институт водных проблем Российской академии наук

КАЛИНИНСКАЯ АЭС

История Калининской АЭС появления начинается в 70-х годах XX века, в то время для обеспечения энергосистемы центра и севера СССР требовался мощный источник электроэнергии. Из всех возможных вариантов была выбрана площадка на юго-восточном берегу озера Удомля, в 3 км от поселка Удомля. В производственном цикле Калининской АЭС, в качестве охладителя, предполагалось использовать воды озера Песьюво и Удомля.

На проектирование АЭС было потрачено три года. В 1973 году начались строительные работы. Первая очередь предполагала строительство двух энергоблоков мощностью 1000 МВт. Первый энергоблок был запущен в 1984 году, а в 1986 году он был выведен на проектную мощность. Энергоблок №2 был запущен в 1986 году, его выведение на проектную мощность состоялось в 1987 году.

В 1984 году началось строительство второй очереди Калининской атомной электростанции. По ряду причин строительство энергоблока №3 сильно затягивалось, он был запущен и выведен на проектную мощность только в 2004 году. В 2007 году был принят окончательный проект увеличения мощности КАЭС до 4000 МВт, и в 2011 году был запущен и подключен к электросетям энергоблок №4.



ТЕПЛОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ

Строительство столь масштабного объекта как АЭС неизбежно приводит к антропогенной трансформации окружающих природных комплексов. Во время строительства ландшафт подвергается комплексным изменениям. Значительные изменения природной среды при строительстве связаны с необходимостью создания гидротехнических сооружений позволяющих эффективно охладить агрегаты АЭС.

После пуска электростанции одним из основных факторов, меняющим состояние экосистемы водоема-охладителя является эмиссия тепла. Вопросы теплового загрязнения водоемов всегда являются важной частью проведения экологической экспертизы в регионах действующих АЭС.

С началом работы АЭС температурный режим озер изменился. С момента начала работы Калининской АЭС было введено в эксплуатацию еще несколько реакторов, система обратного водоснабжения поэтапно претерпевала значительную трансформацию, потоки теплового загрязнения существенно увеличились.



Расположение основных гидротехнических сооружений в озерах-охладителях КАЭС на 2020 год

1 – сброс вод по каналу в оз. Песьюво; 2 – сброс вод по каналу в оз. Удомля; 3 – отводящий канал градирен № 1,2; 4 – отводящий канал градирен № 3,4; 5 – забор воды; 6 – струнаправляющая дамба в оз. Удомля; 7 – плотина на р. Съежа; 8 – струнаправляющая дамба в истоке р. Съежа

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для определения водной поверхности, с целью выделения границ водоема и ретроспективного анализа появления гидротехнических сооружений использованы данные ДЗЗ в ближнем инфракрасном диапазоне, полученные сенсорами:

- TM спутника Landsat-5 (4-й канал (0,76 – 0,9 мкм));
- ETM+ спутника Landsat 7 (4-й канал (0,77 – 0,9 мкм));
- TIRS спутника Landsat-8 (5-й канал (0,85-0,88 мкм)).

Сергей А. Лебедев

sergey_a_lebedev@mail.ru



Геофизический центр Российской академии наук



Майкопский Государственный Технологический Университет



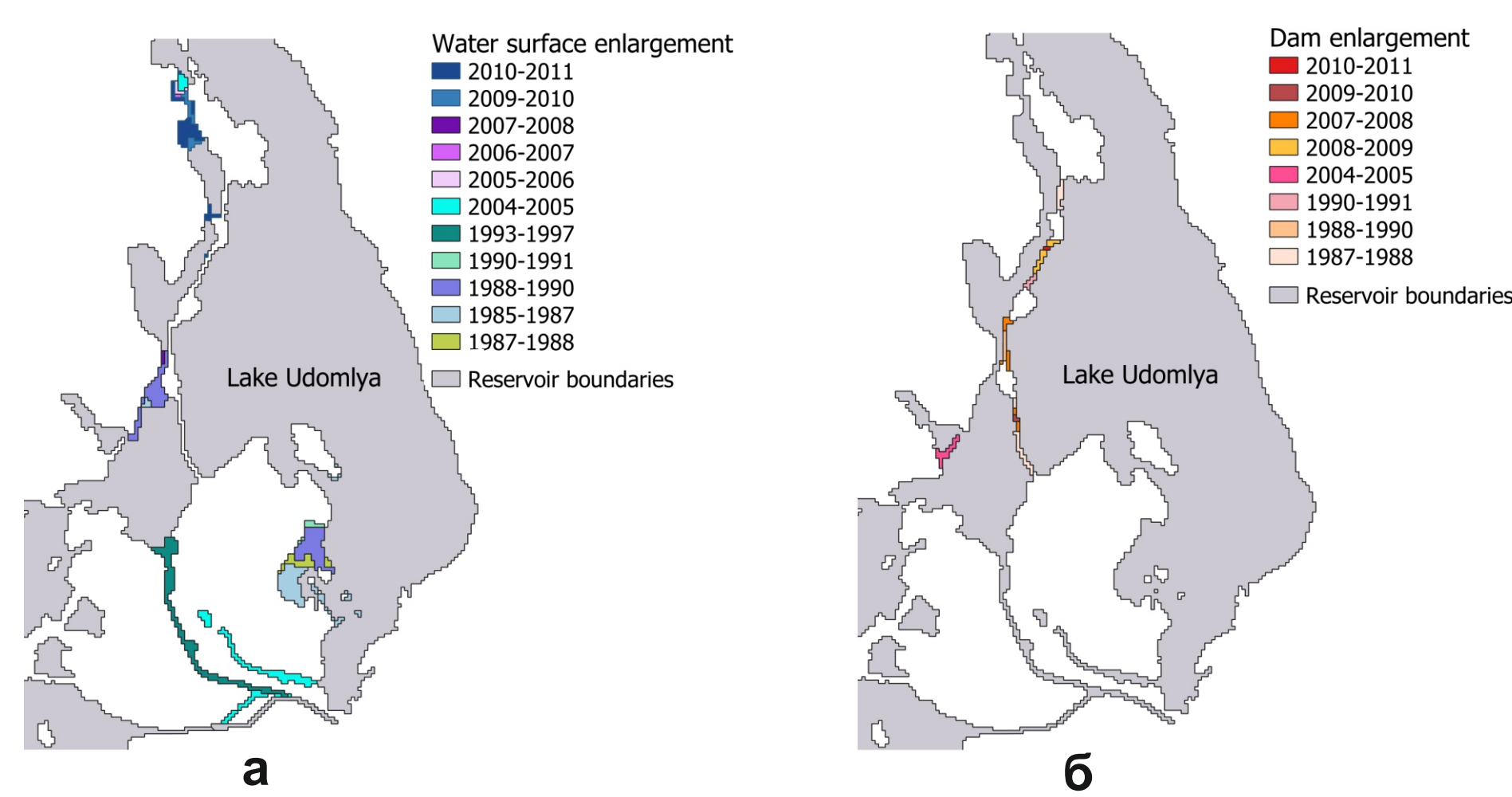
Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники»

Для получения значений температуры излучающей поверхности в работе использованы данные ДЗЗ в инфракрасном диапазоне, полученные сенсорами:

- TM спутника Landsat-5 (6-й канал (10,40 – 12,50 мкм));
- ETM+ спутника Landsat 7 (61-й и 62-й каналы (10,40 – 12,50 мкм));
- TIRS спутника Landsat-8 (10-й и 11-й каналы (10,30 – 12,50 мкм)).

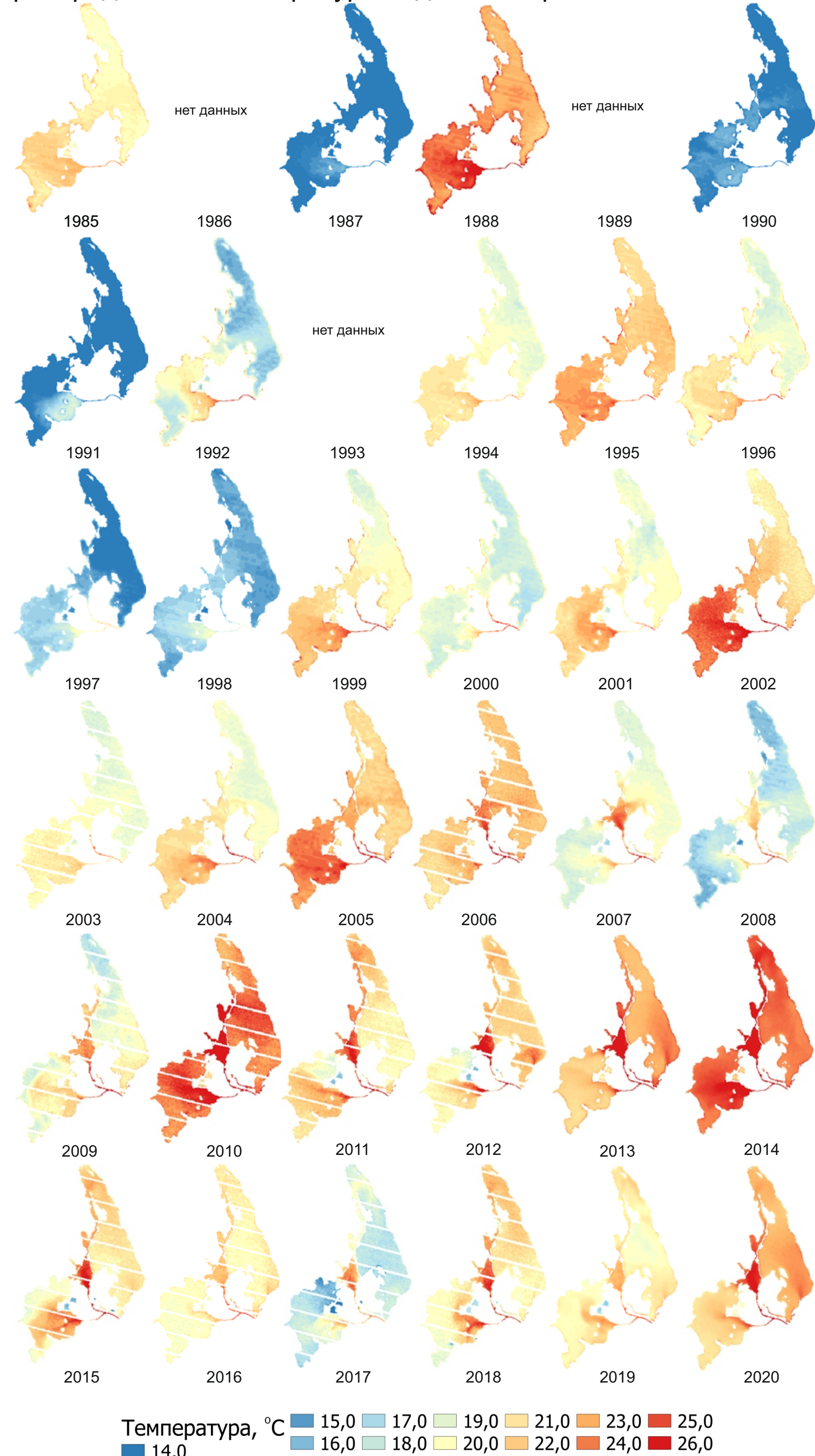
РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование температуры озер-охладителей показало существенную роль гидротехнических сооружений в распределении теплового загрязнения в акватории. Для соотношения потоков теплового загрязнения с трансформацией гидротехнических сооружений на Удомельском водохранилище, был выполнен анализ изменения системы циркуляции водных масс с 1985 по 2020 гг. По космическим снимкам фиксировался прирост насыпных объектов в акватории водоема, а также были выделены участки, где определен природо площади водной поверхности.



Ретроспективный анализ оз. Удомля по данным сенсоров спутников серии Landsat: а) увеличение площади водной поверхности; б) создание насыпных гидротехнических сооружений

Для исследования теплового загрязнения Удомельского водохранилища с 1985 по 2020 годы было отобрано 33 спутниковых снимка, по которым построены растры распределения температуры водной поверхности.



Температура, °C: 15,0, 17,0, 19,0, 21,0, 23,0, 25,0, 14,0, 16,0, 18,0, 20,0, 22,0, 24,0, 26,0

Полученные данные позволяют: исследовать пространственное и временное распределение температуры водных масс по озерам; выделять перегретые и застойные области; оценивать входные характеристики термических условий, для вытекающей из оз. Удомля р. Съежа; решать ряд других задач.

Исследование показало что, после 2004 года наблюдается изменение структуры теплового загрязнения в водоемы охладители Калининской АЭС, и средние температуры поверхности вод в оз. Удомля становится преимущественно выше, чем в оз. Песьюво.

Павел Н. Кравченко

pkravchenko@miuiv.ru



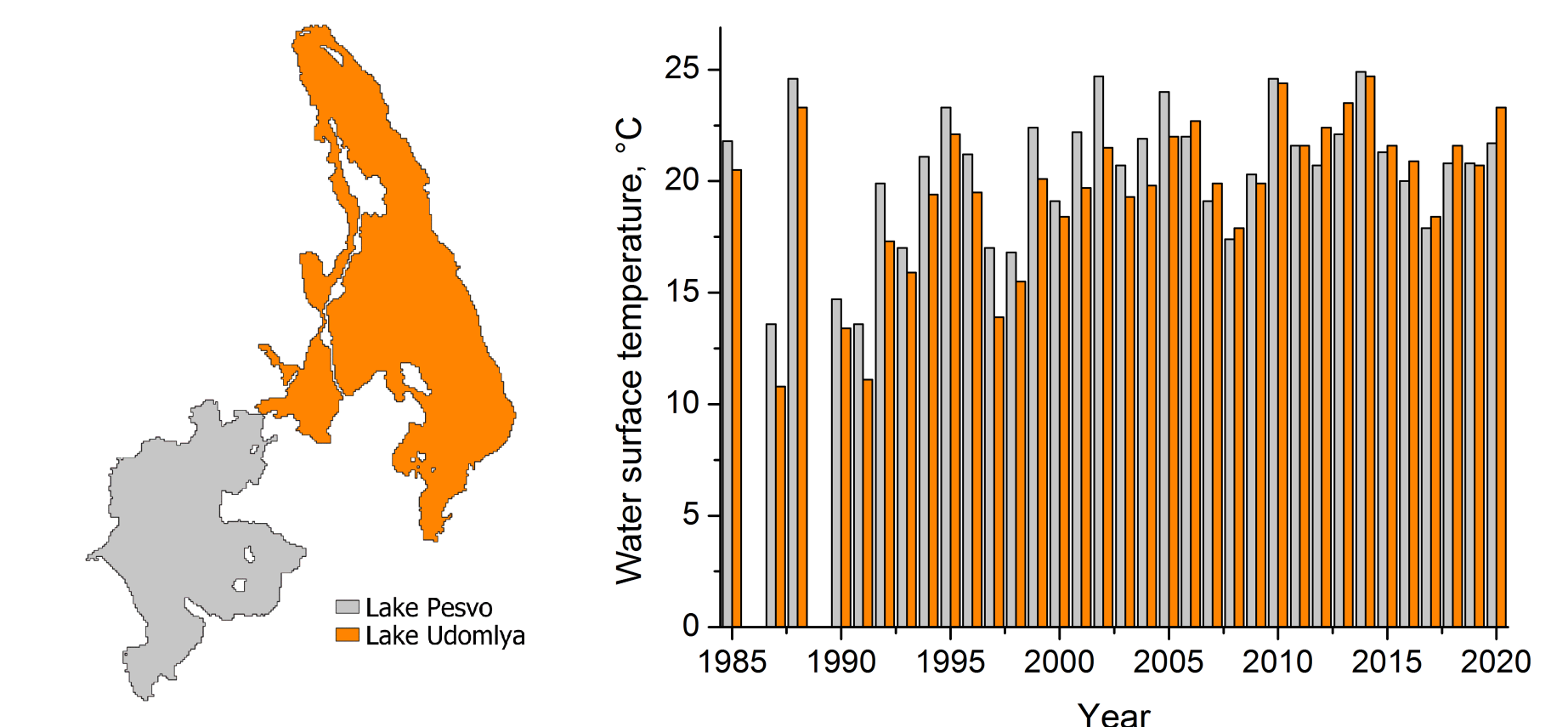
Московский университет им. С.Ю. Витте



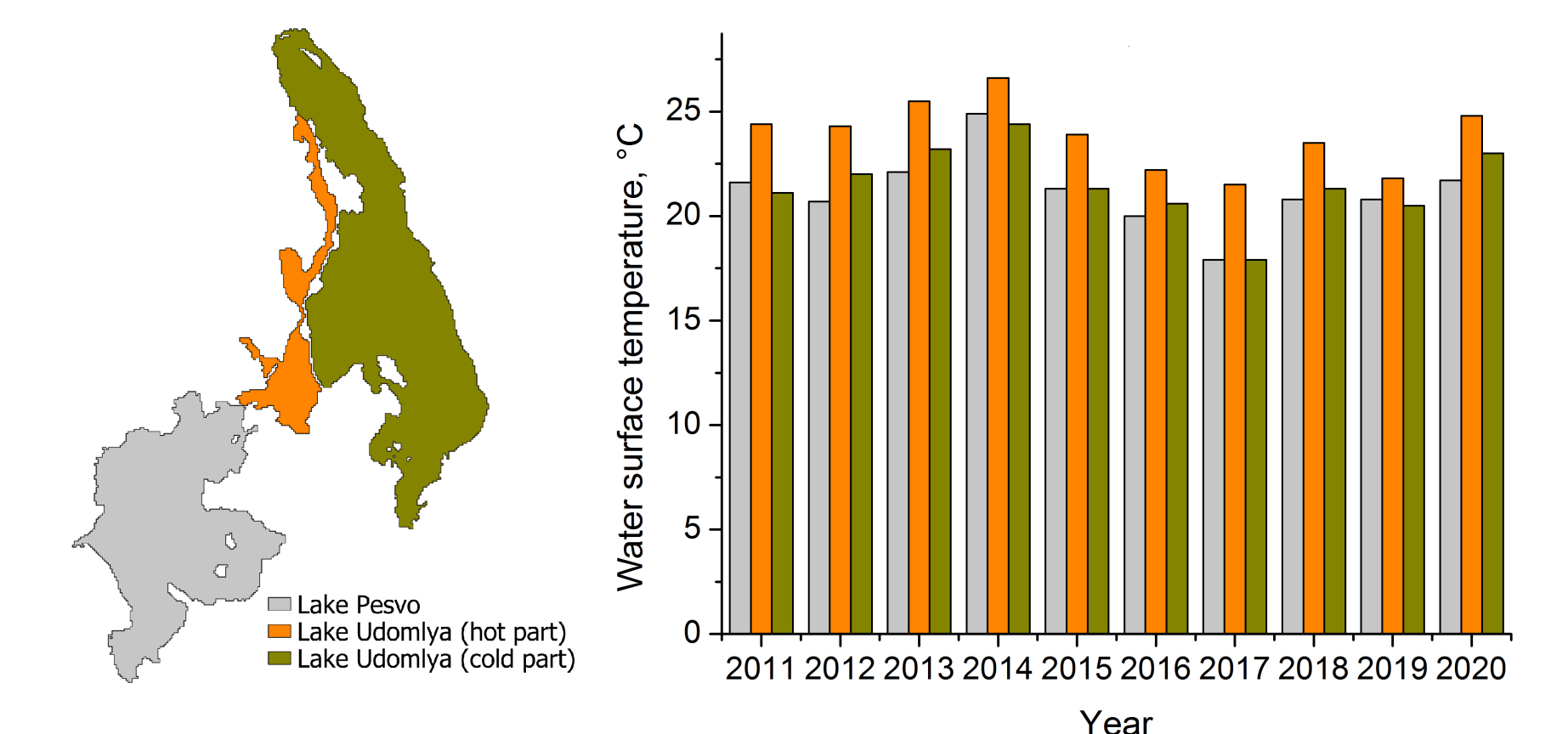
Тверской государственный университет

Строительство струнаправляющих дамб вызвало разделение оз. Удомля «горячую» и «холодную» области. Анализ данных ДЗЗ показал, превышение средней температуры поверхности воды в «горячей» области над «холодной» на 1,3–3,3 °C.

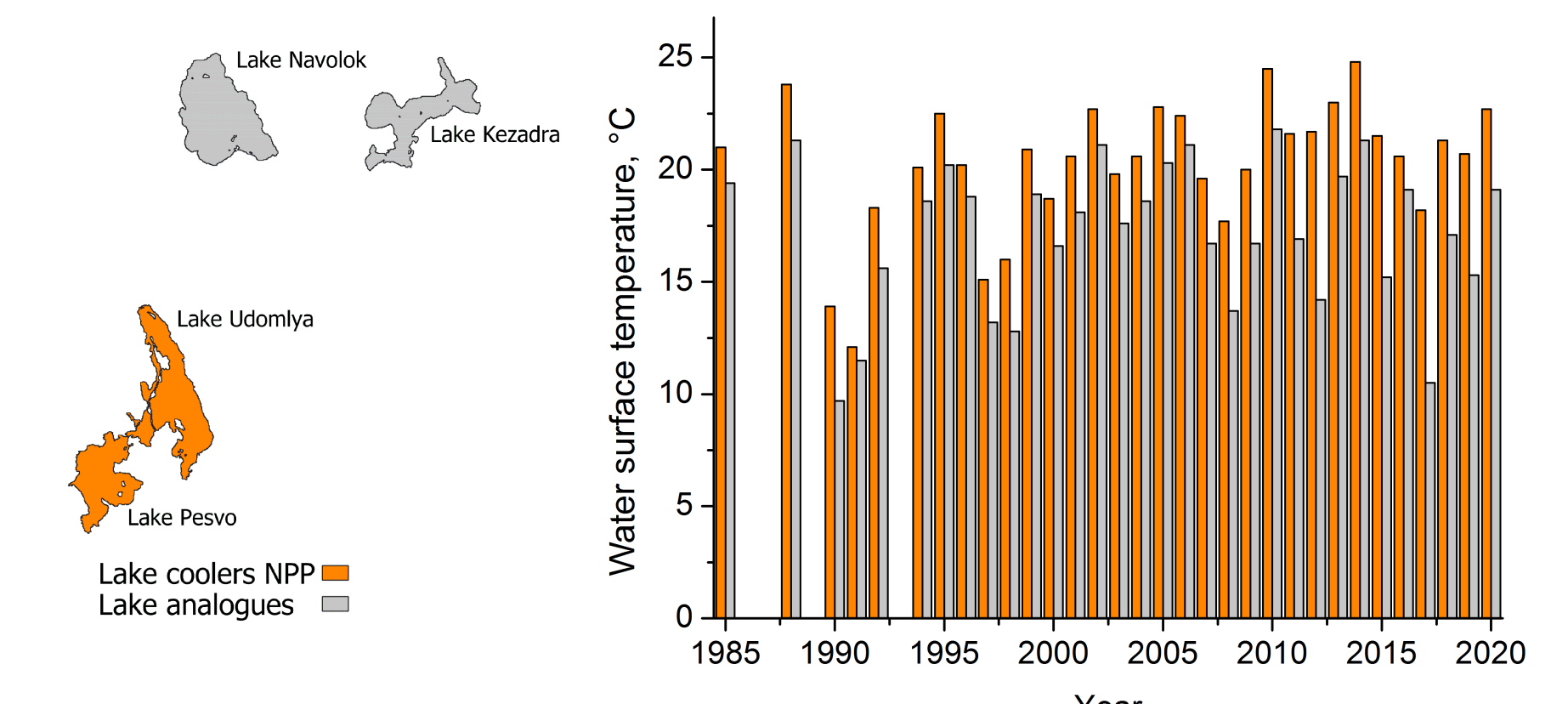
Оценка температуры озер охладителей Калининской АЭС относительно фоновых значений в озерах-аналогах, в качестве которых были использованы находящиеся по близости озеро Наволок и озеро Кезадра, показала превышение в пределах 1,3–7,7 °C.



Изменение средней температуры водной поверхности в водоемах охладителях Калининской АЭС по данным сенсоров спутников серии Landsat

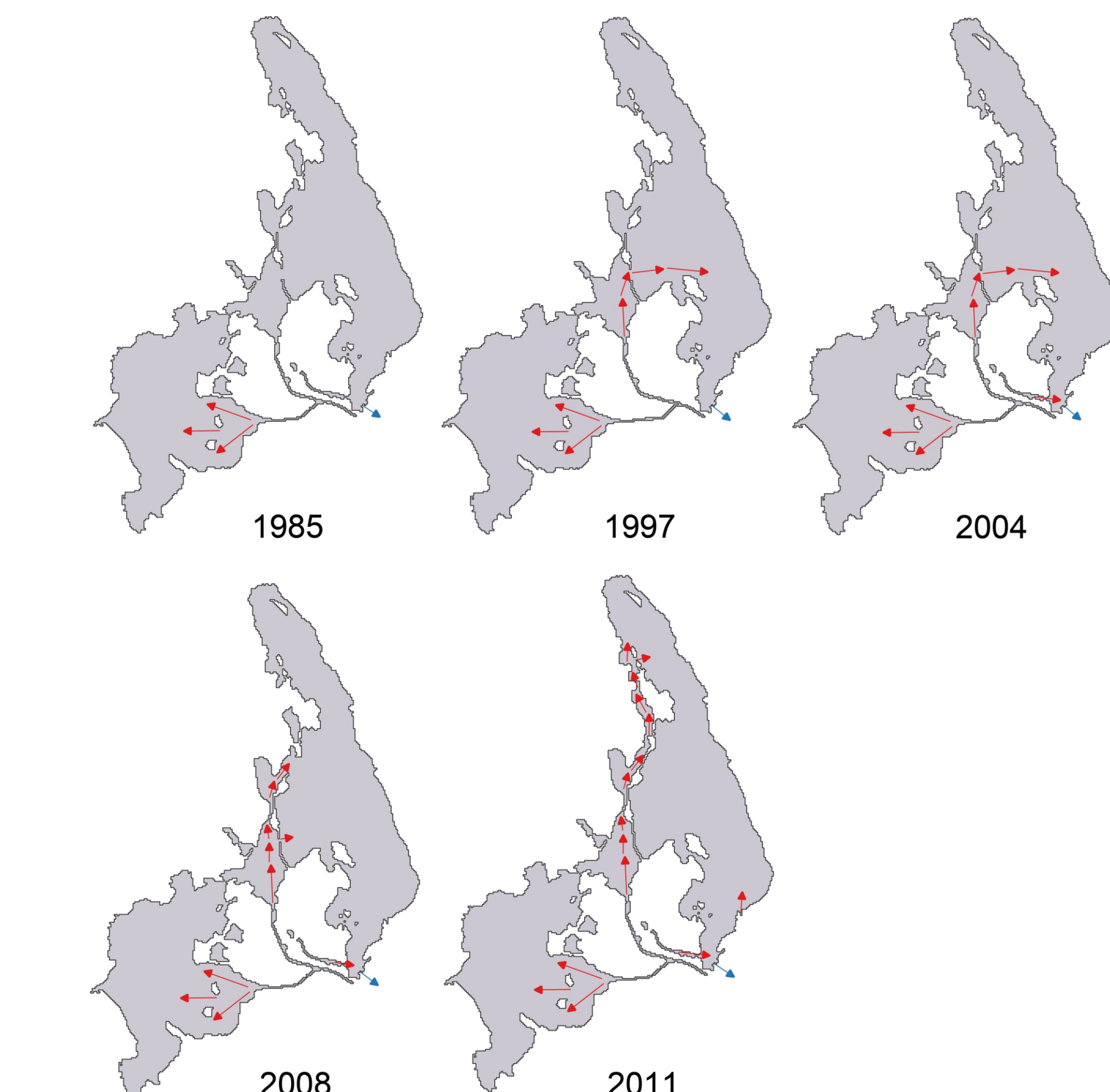


Анализ дифференциации температур в горячей и холодной областях оз. Удомля по данным сенсоров спутников серии Landsat



Анализ дифференциации температур в Удомельском водохранилище и озерах аналогах по данным сенсоров спутников серии Landsat

По растрам распределения температуры поверхности воды озер-охладителей Калининской АЭС прослеживается направленность тепловых потоков. При наложении ретроспективного анализа появления гидротехнических сооружений это дает хорошие возможности для анализа произошедших с 1985 по 2020 гг. изменений. Использование данных ДЗЗ позволило выделить пять основных этапов трансформации системы циркуляции водных масс.



Несмотря на повышение теплового загрязнения окружающей среды вследствие увеличения мощности станции, следует отметить повышение эффективности использования имеющихся водоемов охладителей. После завершения последнего этапа строительства гидротехнических сооружений наблюдается более равномерное распределение температуры воды в основных акваториях озер-охладителей.