

Грант РФФ 17-77-20093

«Проведение исследований научными группами под руководством молодых ученых» Президентской программы

Разработка гидродинамической модели зон техногенного теплового загрязнения в крупных водных объектах при наличии плотностной стратификации, обусловленной температурными и концентрационными неоднородностями

руководитель к.ф.-м.н. Я.Н. Паршакова

Институт механики сплошных сред УрО РАН, Пермь

На основе сопряжения вычислительных схем и современных методов натуральных измерений разрабатывается технология повышения эффективности использования крупных водных объектов в качестве охладителей энергетических комплексов.

Конференция «Наука будущего» 14-17 мая 2019 года г. Сочи

Необходимость оценки параметров температурных полей

В настоящее время водохранилища являются наиболее распространенным типом охладителей для крупных тепловых электростанций. Даже на лучших ТЭС более 40% выработки энергии не преобразуется в электроэнергию, а требует ассимиляции в окружающую среду.

Возможные проблемы для разных типов водоемов

для малых охладителей

– это ограничение мощности станции, связанное с повышением температуры забираемой воды;

для крупных водоемов

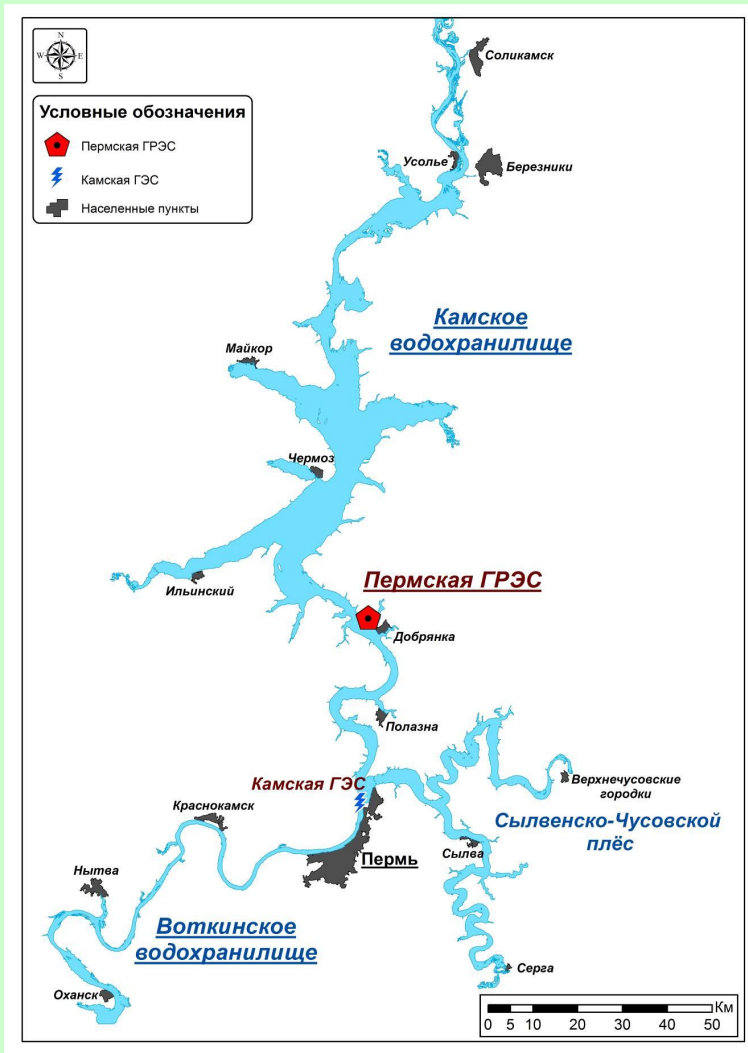
– это тепловое загрязнение, изменение ледово-термического режима, гидрофизических и гидробиологических процессов, особенно в районах влияния сбросов подогретых вод.

Необходима

полная и объективная оценка параметров температурных полей, создаваемых тепловыми выбросами, в зависимости от комплекса технологических и гидрометеорологических параметров.

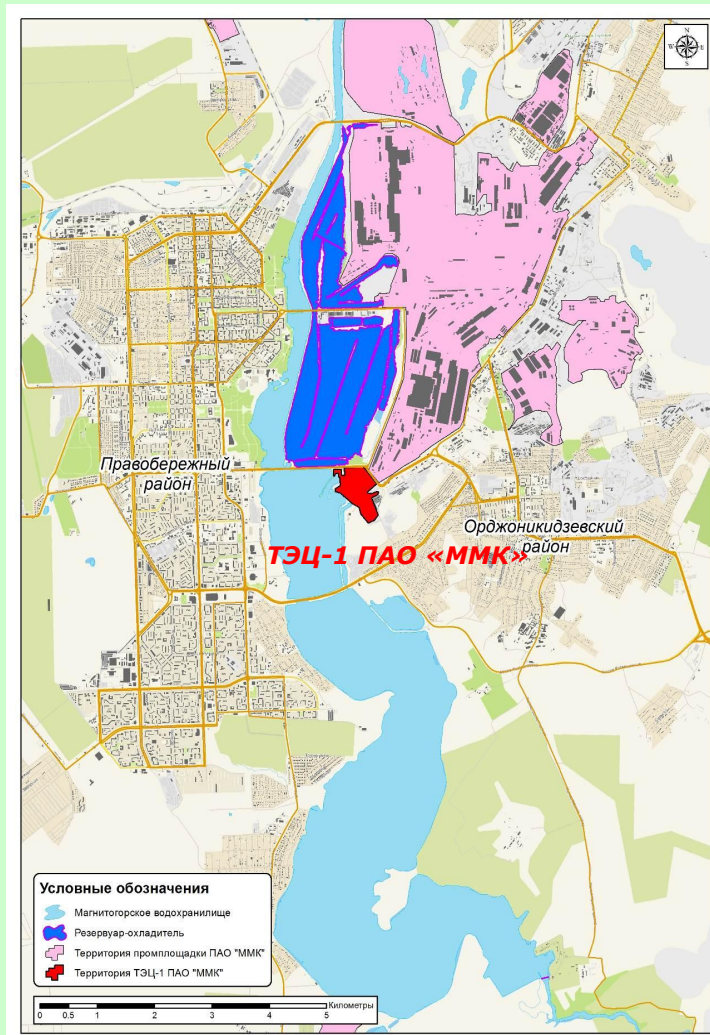
Объекты исследования для разработки технологии

Прямоточная система охлаждения



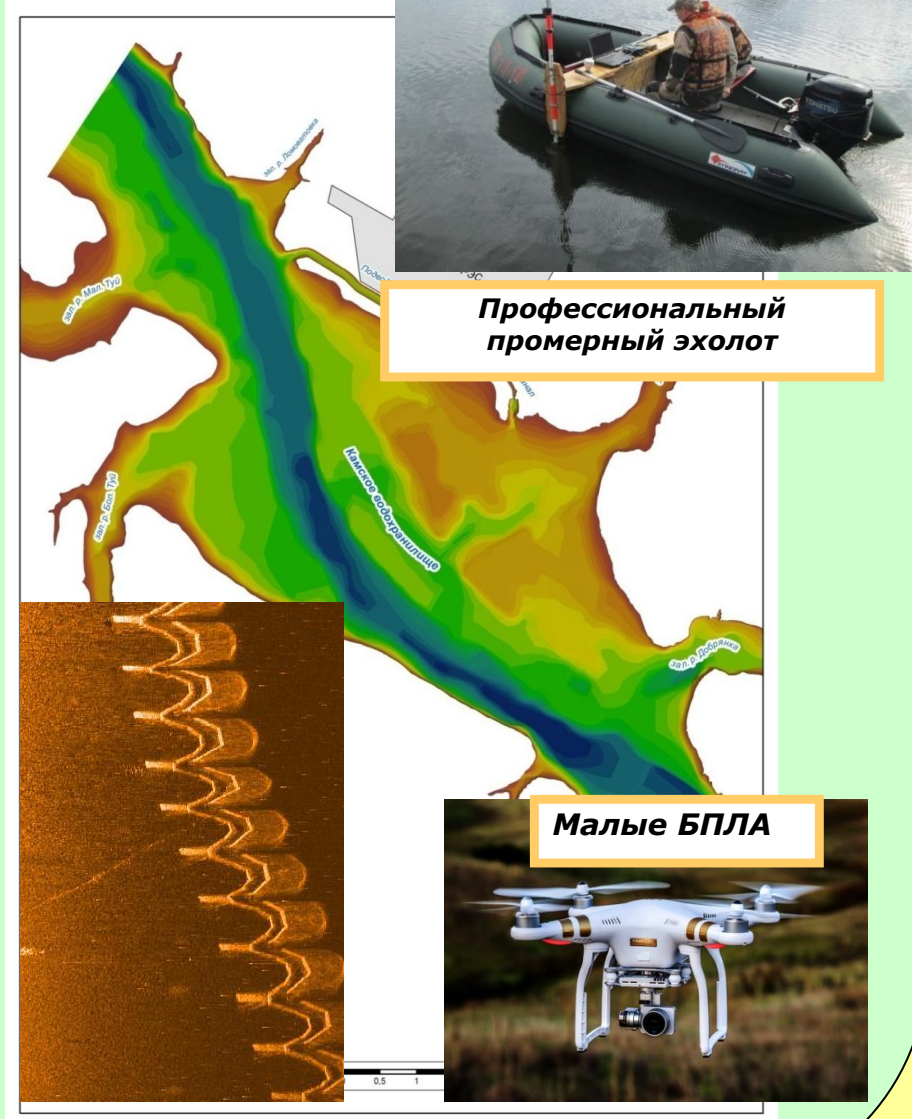
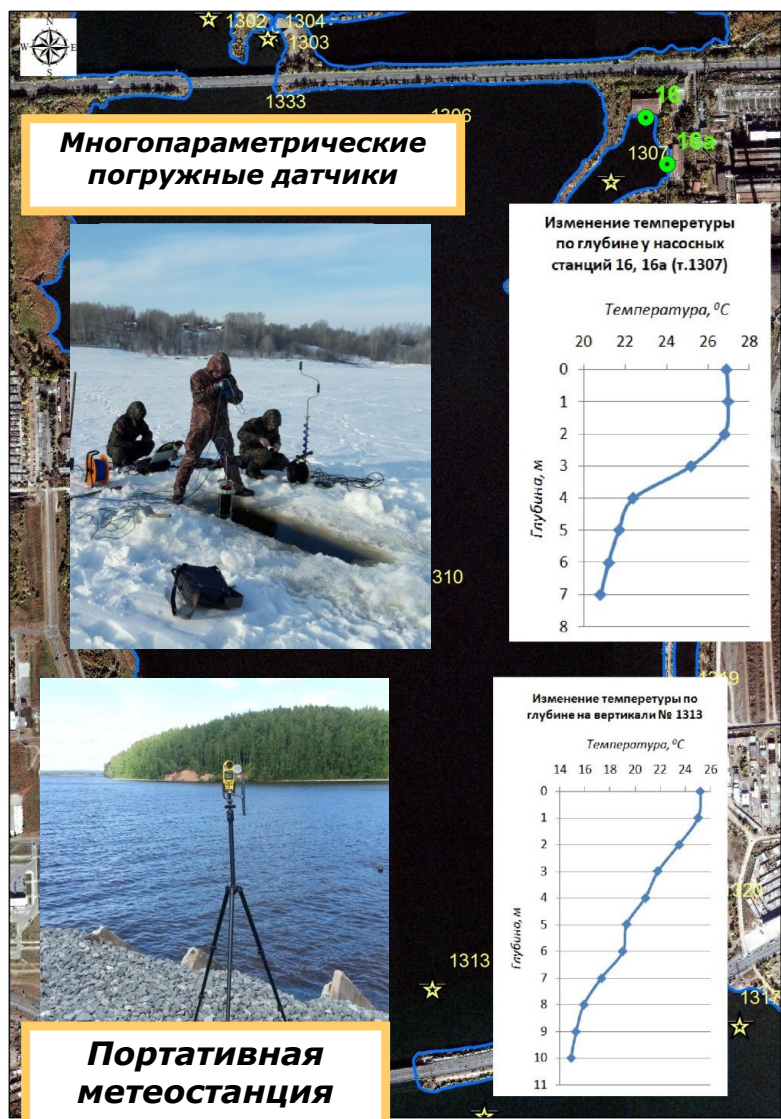
Пермская ГРЭС

Оборотная система охлаждения



ТЭЦ-1 ПАО «ММК»

Проведение натуральных исследований. ГИ У



Комплексное гидродинамическое моделирование

1-мерная
гидродинамическая модель (1D)

HEC-RAS v.4.1.
(ГИ УрО РАН)

Объект: все водохранилище (Магнитогорское ~20 км, Камское ~ 350 км);

Достоинство: позволяет оперативно получить оценки гидравлических и гидрологических параметров потока;

Цель: определение граничных условий для 2D-модели (уровни воды, уклоны)

2-мерная
гидродинамическая модель (2D)

SMS v.10.1 (TUFLOW)
(ГИ УрО РАН)

Объект: участок Магнитогорского вдхр. ~ 3 км (район проектирования), участок Камского вдхр. ~ 16 км;

Достоинство: позволяет получать большое количество гидравлических характеристик: уклоны, максимальные и средние скорости потока в любом створе, плановая ориентация струй в потоке, учет внешних факторов (скорость и направление ветра).

Цель: определение уровней воды и начальных динамических характеристик для 3D-модели.

3-мерная
гидродинамическая модель
(негидростатическое
приближение)

ANSYS Fluent
(ИМСС УрО РАН)

Объект: участок проектирования – Магнитогорское вдхр. (длина ~ 1,9 км; ширина ~ 0,7 км), Камское (длина ~16 км, ширина ~ 4 км);

Достоинство: получение гидродинамических и температурных характеристик потоков, как по поверхности, так и по глубине с высокой надежностью;

Цель: определение необходимых значений температуры в плане и по глубине.

Численное моделирование. Тестовые расчеты.

Моделирование распространения теплового пятна в июле 2014 года.

Параметры расчетов

Расход по р. Кама – 850 м³/с

Расход по р. Тюсь – 2,43 м³/с

Расход по р. Добрянка – 12 м³/с

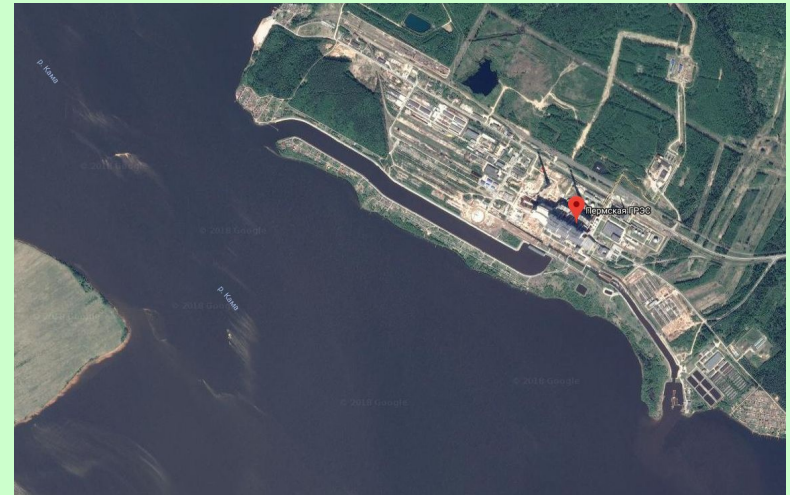
Уровень воды в модели – 108,5 м БС

Забор и сброс воды, осуществляемый Пермской ГРЭС – 41 м³/с

Температура сбрасываемой воды в районе выхода из сбросного канала в Камское водохранилище примерно – 26 °С

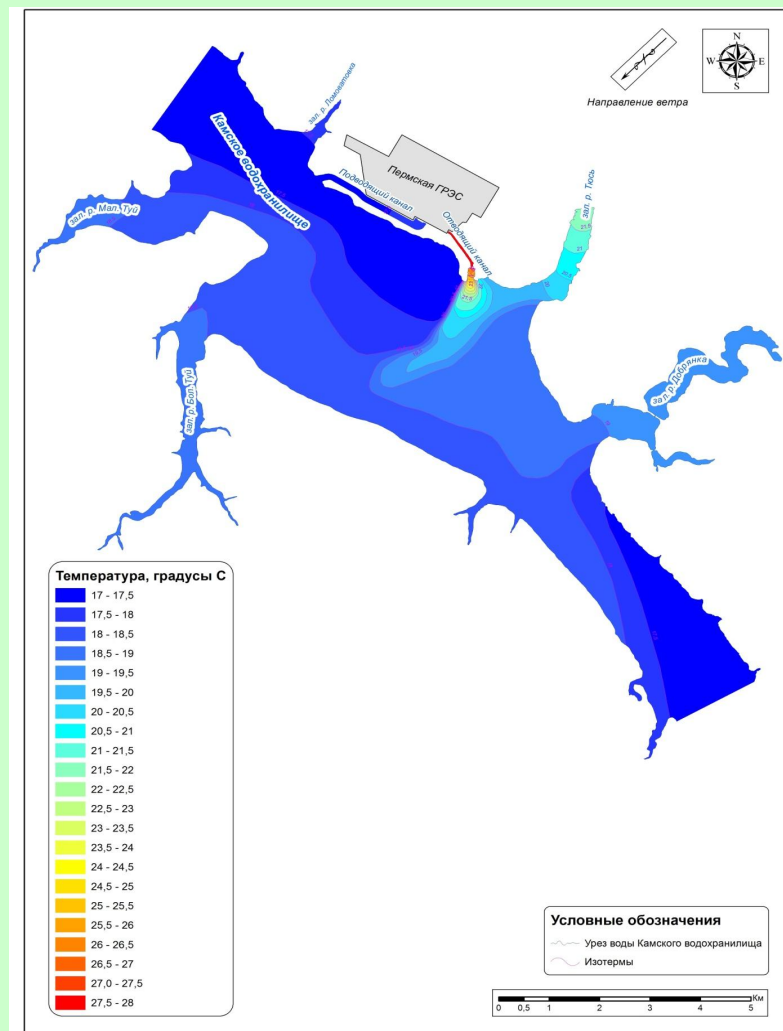
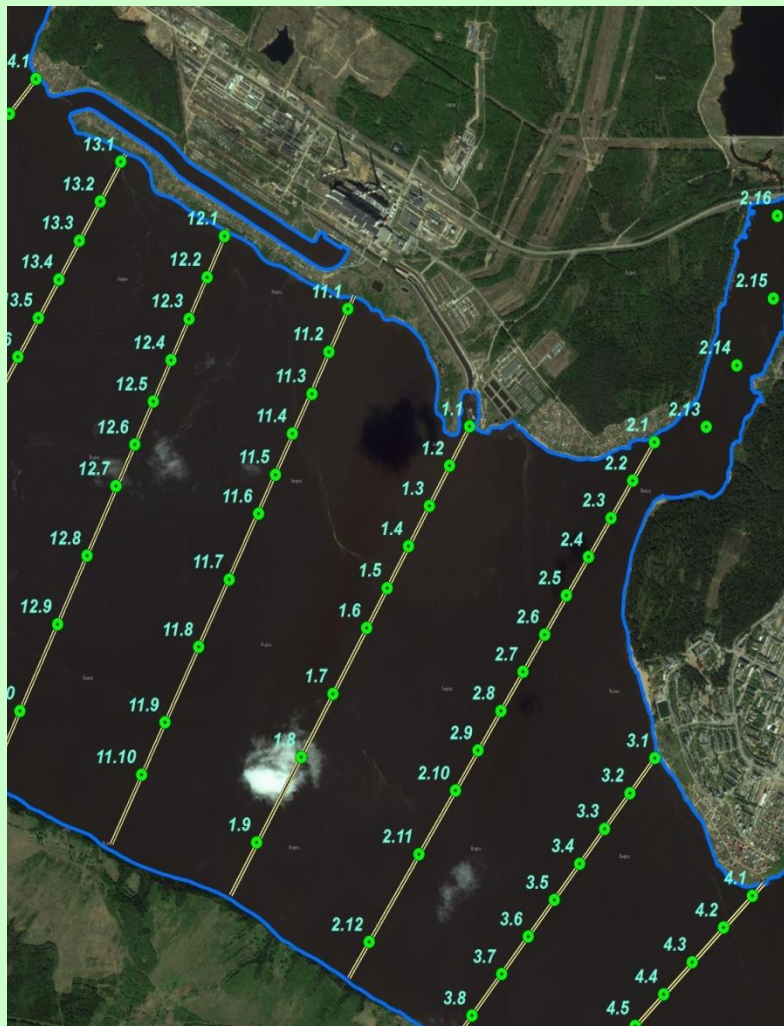
Фоновая температура по водохранилищу – 17 °С

Ветер северный – 5 м/с



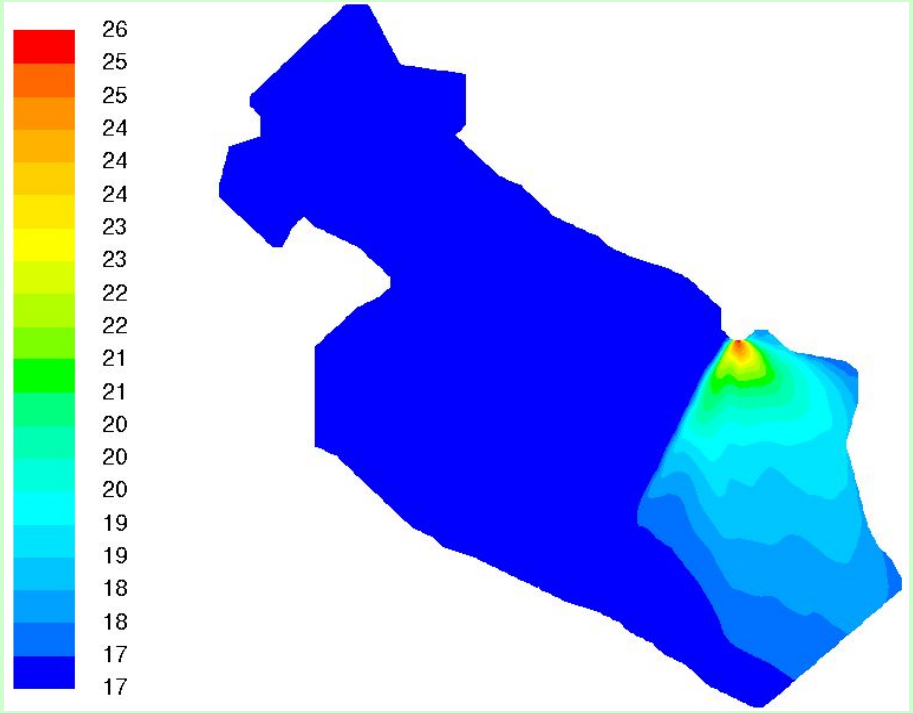
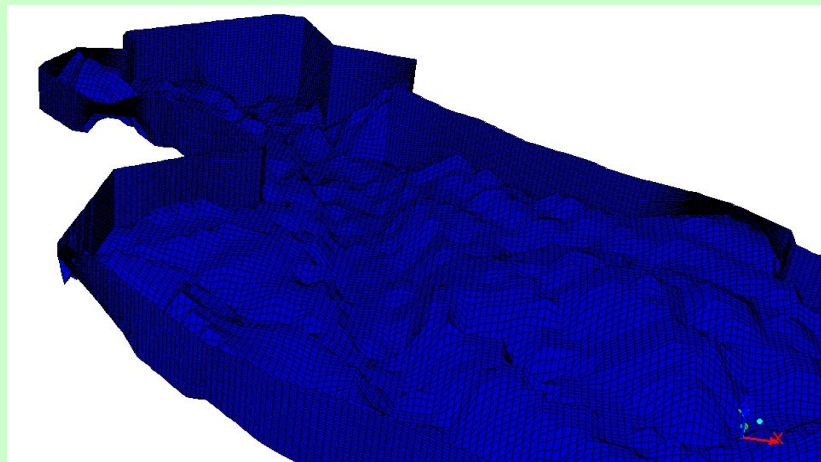
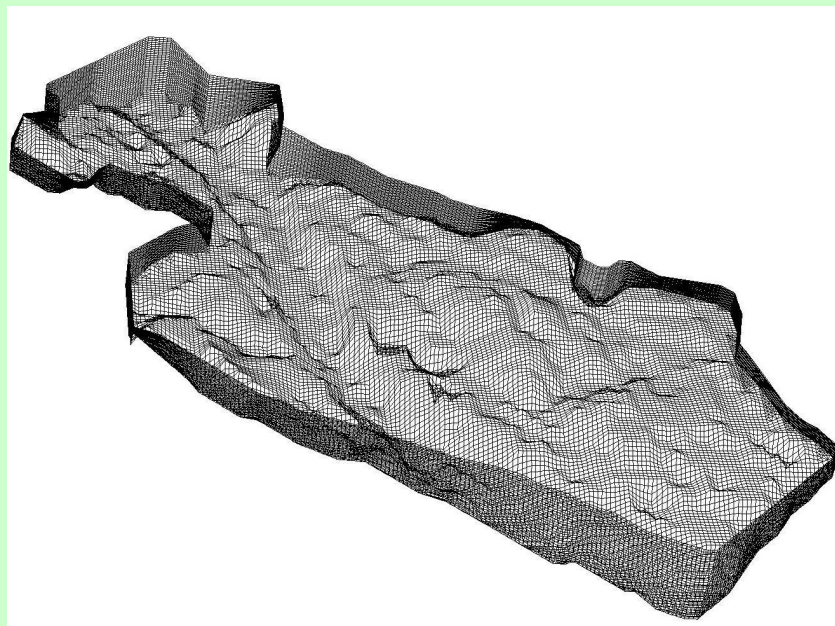
Тестовое моделирование для случая июль 2014 года.

Схема расположения вертикалей



**Поле температуры.
Натурные измерения**

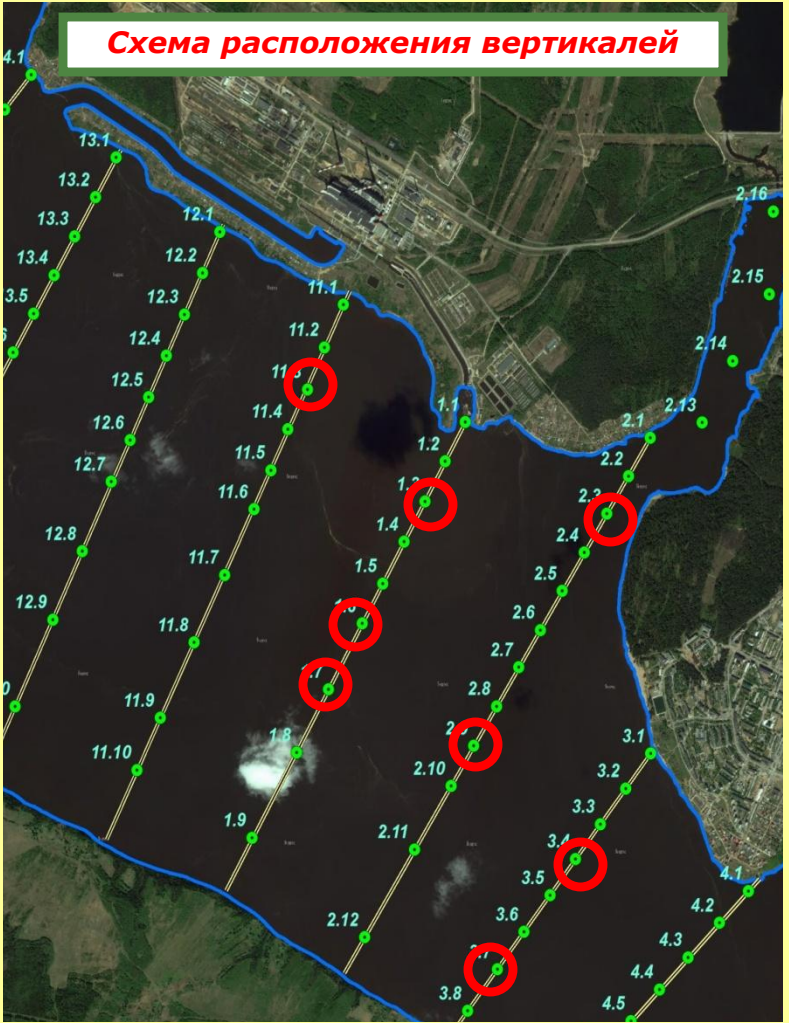
Тестовое моделирование для случая июль 2014 года.



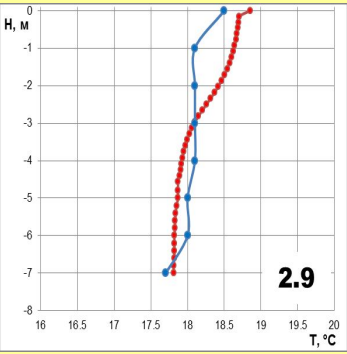
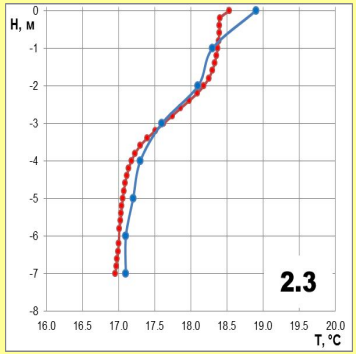
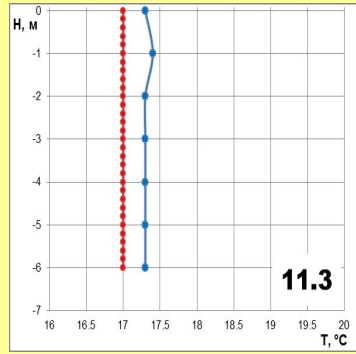
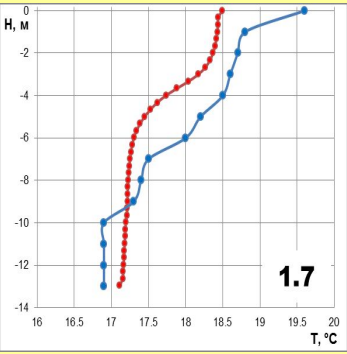
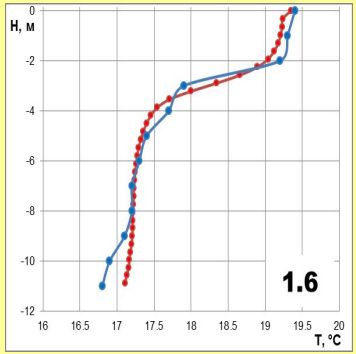
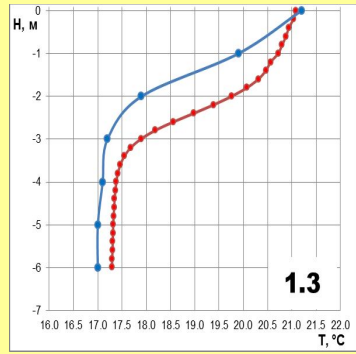
**Поле температуры.
Численный эксперимент**

Линейный размер 20 м, по глубине 21 узел

Схема расположения вертикалей



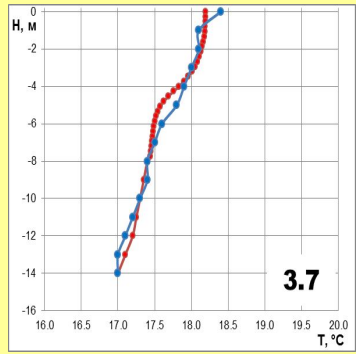
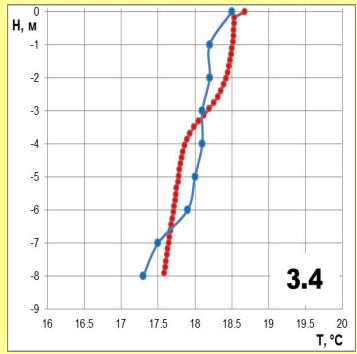
Распределение температуры по глубине на некоторых вертикалях по результатам натуральных измерений 17 июля 2014 года (синим) и верификационного расчета (красным)



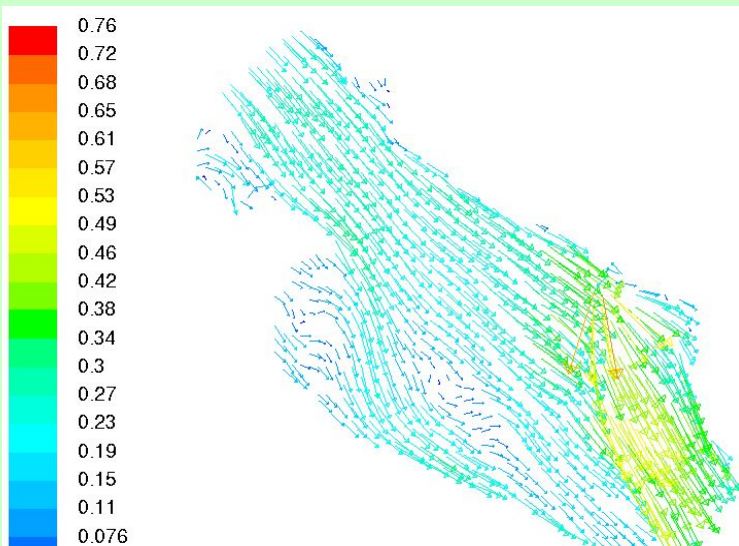
Оценка по критерию Тейла

$$T = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (X_{\text{наб}} - X_{\text{расч}})^2}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n X_{\text{наб}}^2 + \sum_{i=1}^n X_{\text{расч}}^2}}$$

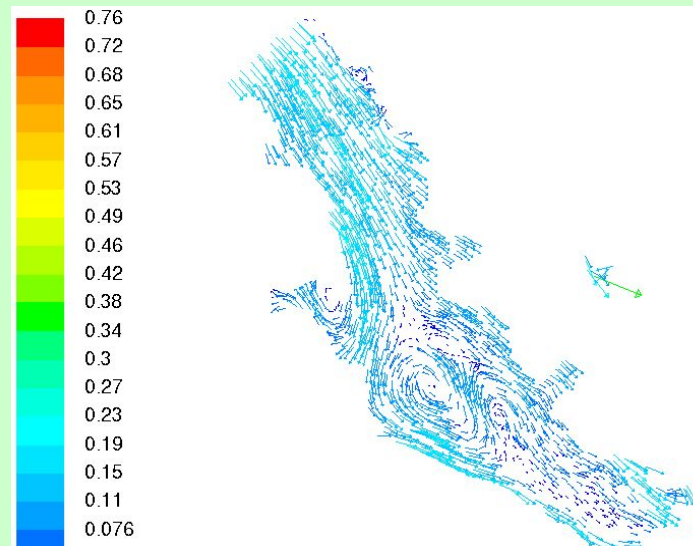
$T = 0,11$



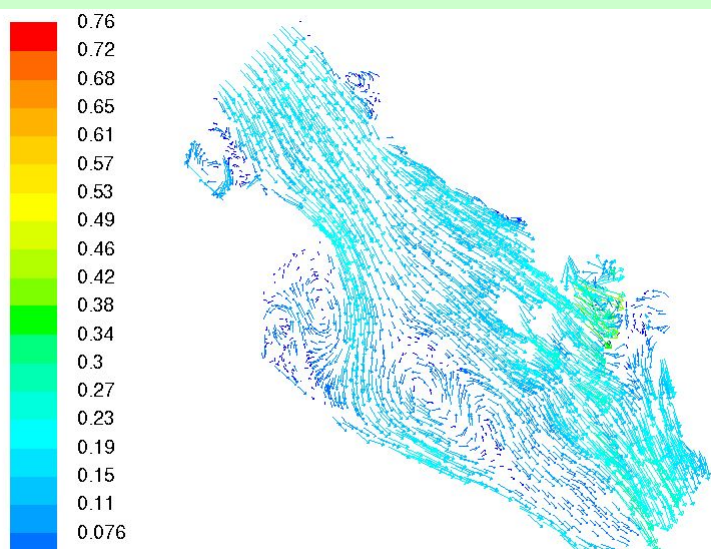
Сценарий 1



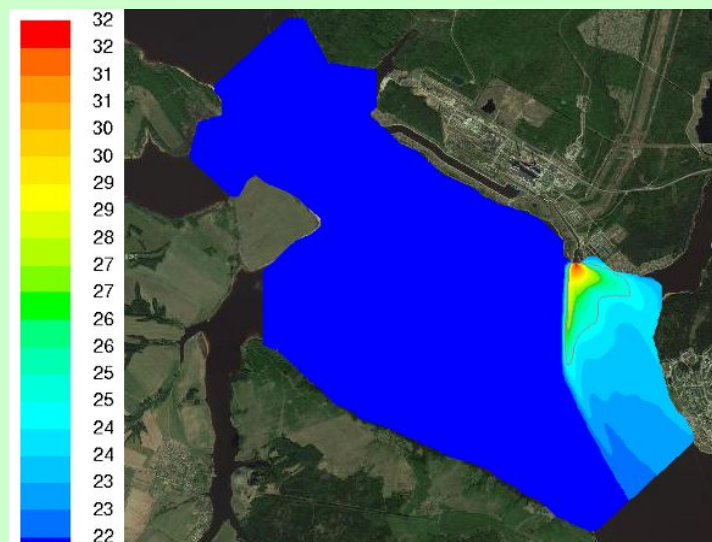
Векторное поле скоростей в поверхностном слое



Векторное поле скоростей на глубине 10 м

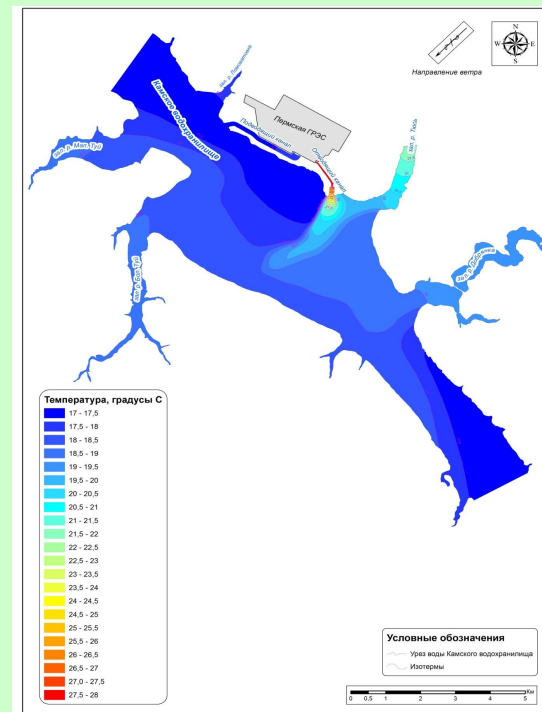
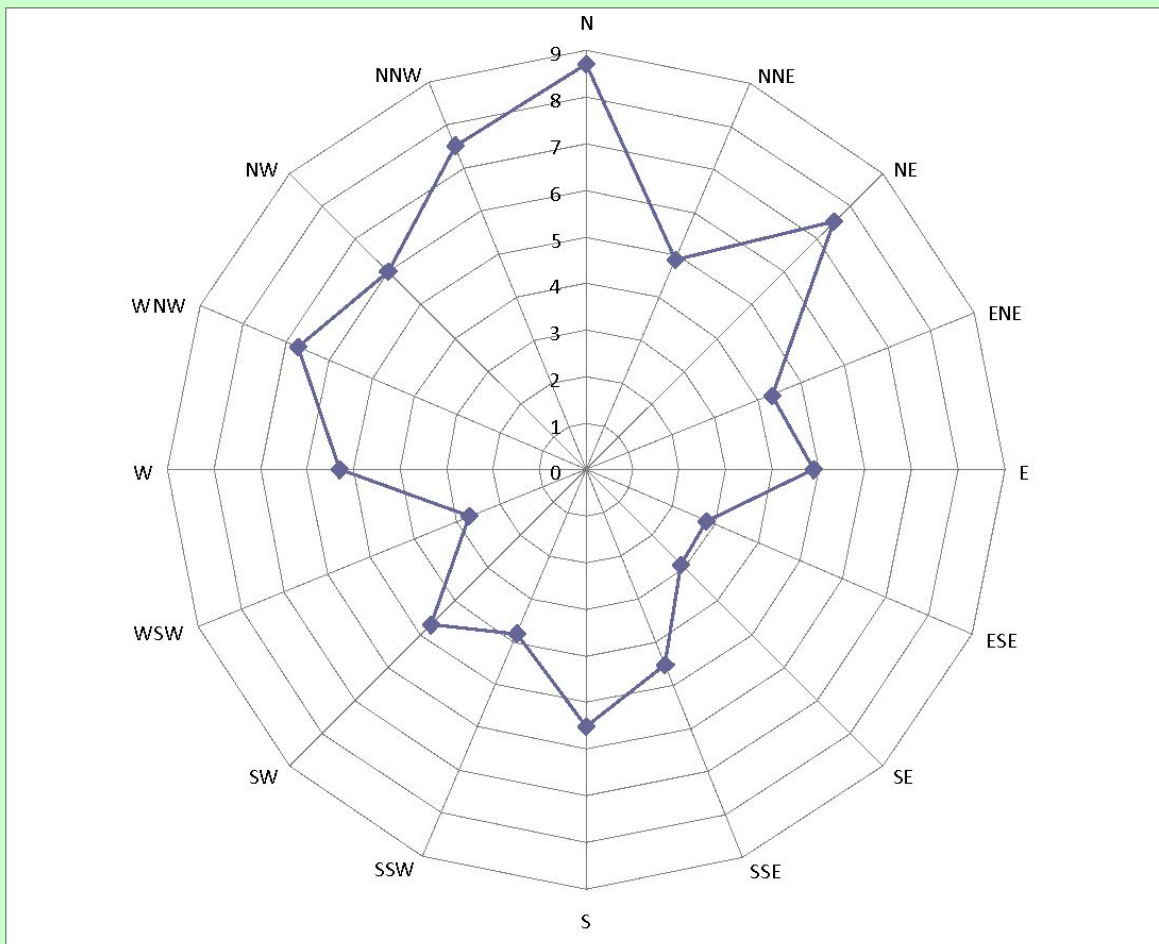


Векторное поле скоростей на глубине 5 м

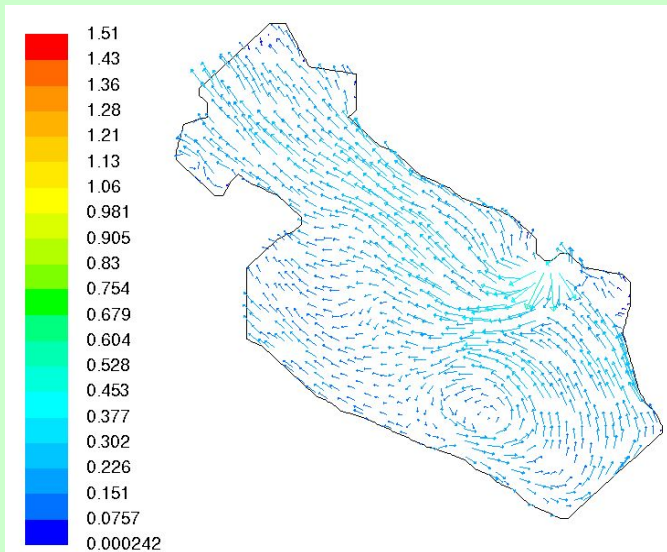


Поле распределения температуры (°C) в поверхностном слое

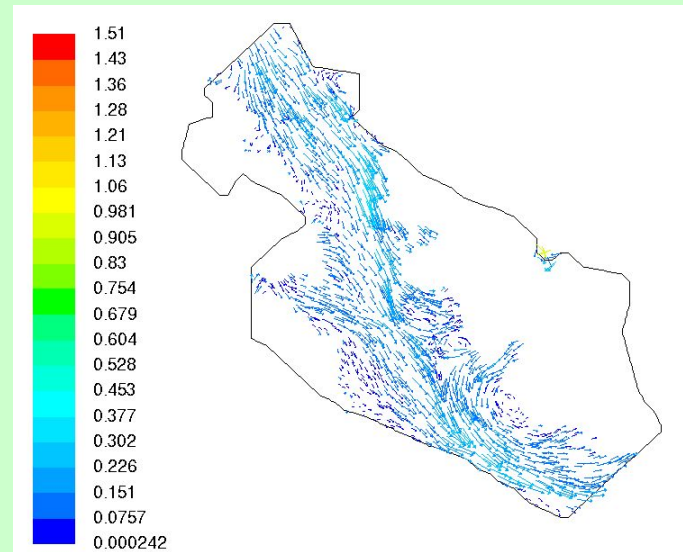
Роза ветров, июль 2008-2018. Результаты наблюдений на Добрянской метеостанции



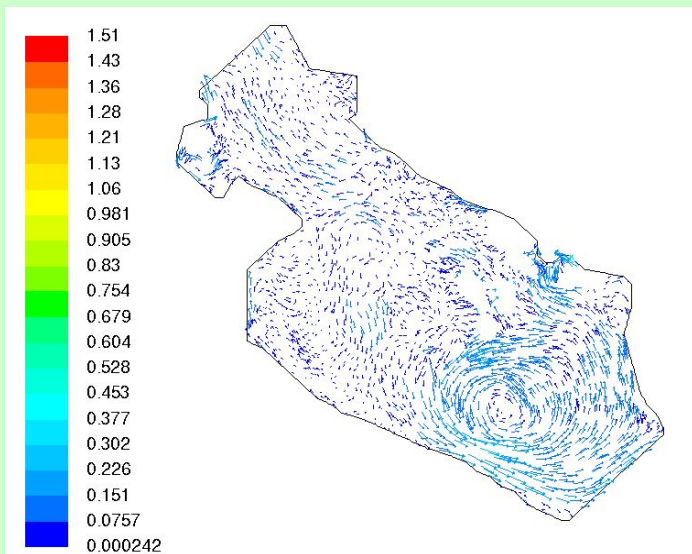
Сценарий 2



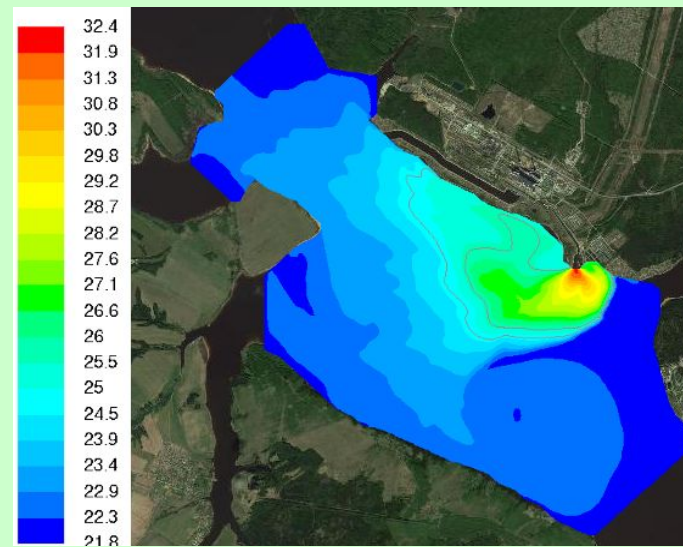
Векторное поле скоростей в поверхностном слое



Векторное поле скоростей на глубине 10 м

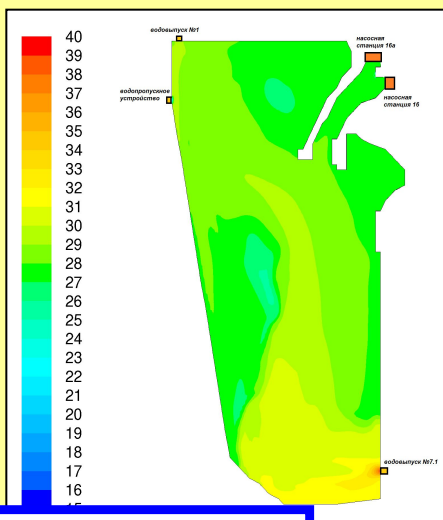
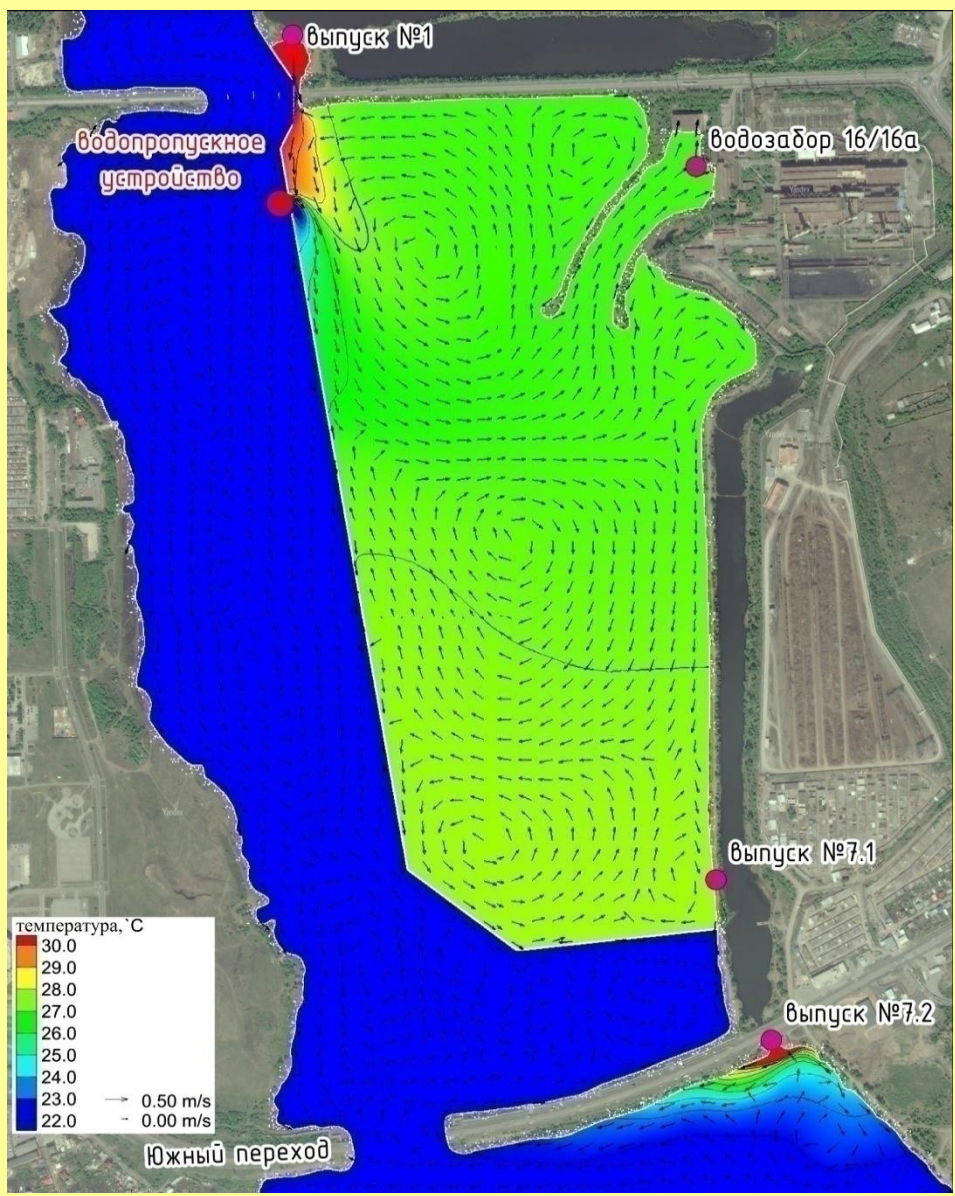


Векторное поле скоростей на глубине 5 м

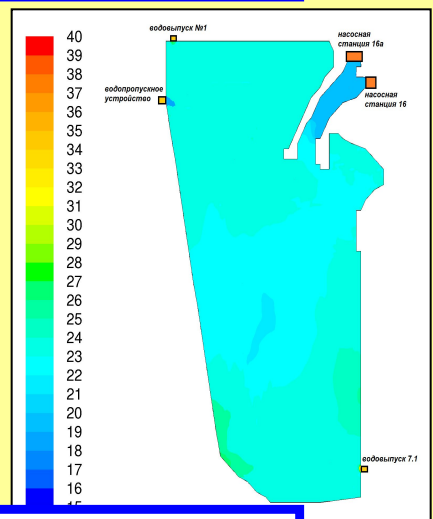


Поле распределения температуры (°C) в поверхностном слое

Распределение температуры воды в отгороженной части Магнитогорского водохранилища (июль) при «нештатном» режиме работы ОАО «ММК»



Распределение температуры воды на поверхности (°C)



Распределение температуры воды на глубине 2 м от поверхности (°C)



**БЛАГОДАРЮ
ЗА ВНИМАНИЕ**

Конференция «Наука будущего» 14-17 мая 2019 года г. Сочи