

ОЦЕНКА ПУЛОВ И ПОТОКОВ УГЛЕРОДА В РЕПРЕЗЕНТАТИВНЫХ ТИПАХ ЛЕСНЫХ И БОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ЮЖНО- ТАЕЖНОЙ ПОДЗОНЫ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Головацкая Е. А., Дюкарев Е.А., Веретенникова Е.Э., Логинов
С.В., Прейс Ю.И., Дюкарев А.Г., Копысов С.Г., Гордов Е.П.

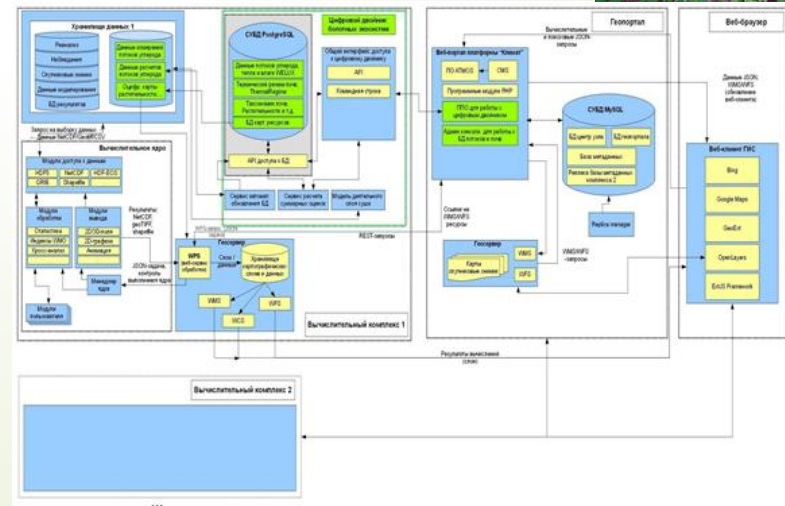
*Институт мониторинга климатических и экологических
систем СО РАН*

13-15 февраля 2024

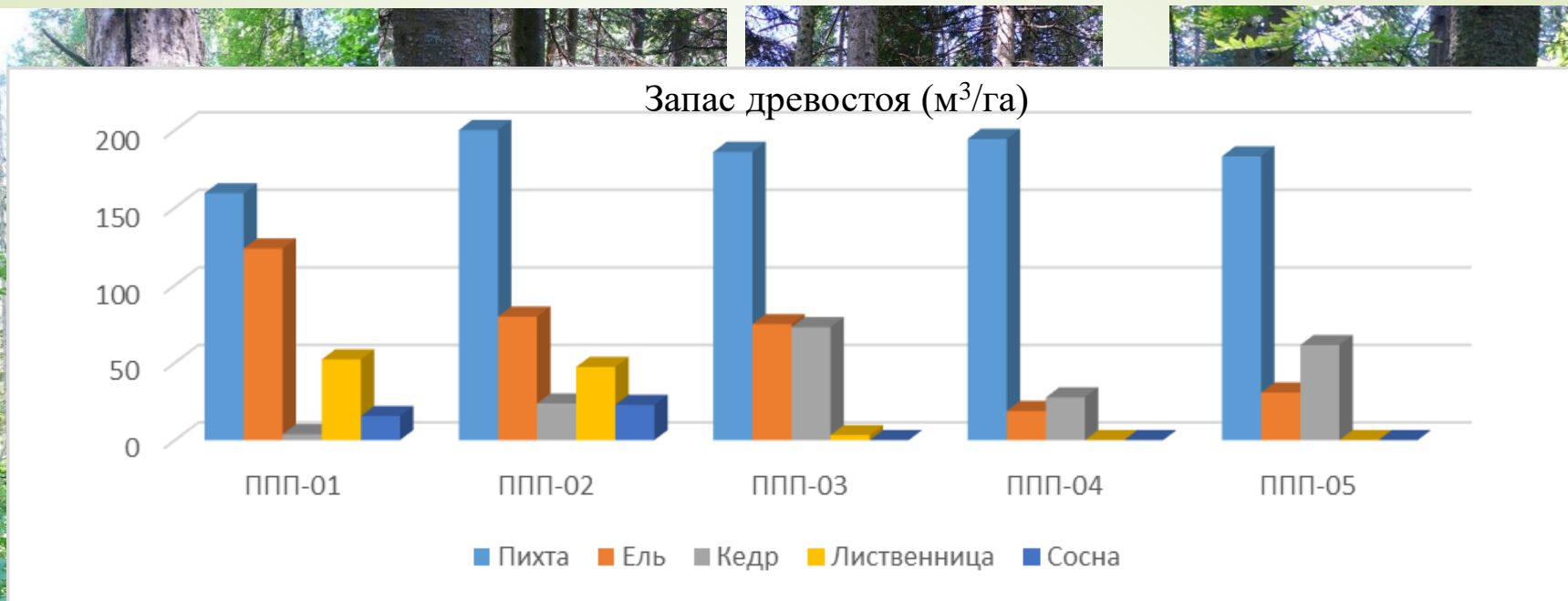
Комплексная оценка динамики запасов и потоков углерода лесных и болотных экосистем южной тайги Западной Сибири и разработка прототипа информационно-аналитической системы мониторинга и комплексного анализа потоков парниковых газов болотных экосистем

Задача 1. Оценка пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах южно-таежной подзоны Западной Сибири на основе стандартизированной инфраструктуры мирового уровня

Задача 2 Создание концептуальной и программной основы для разработки прототипа распределенной информационно-аналитической системы сбора, хранения, обработки и анализа данных мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов в наземных экосистемах южно-таежной подзоны Западной Сибири



Объект исследования: папоротниково-снытево-мелкотравные южнотаёжные пихтовые леса



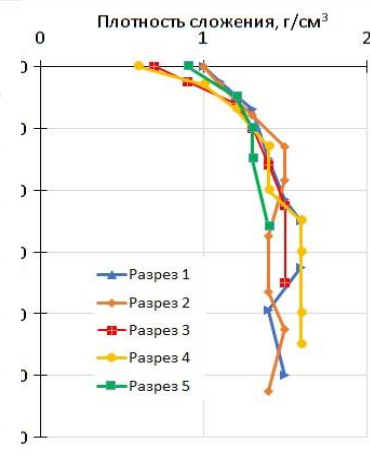
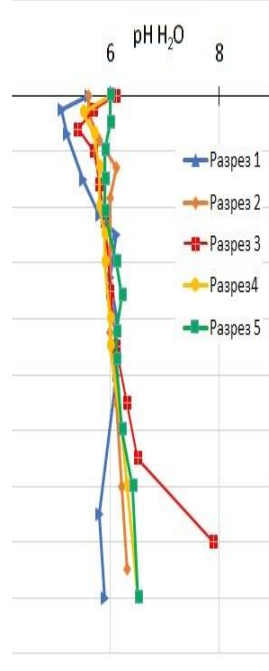
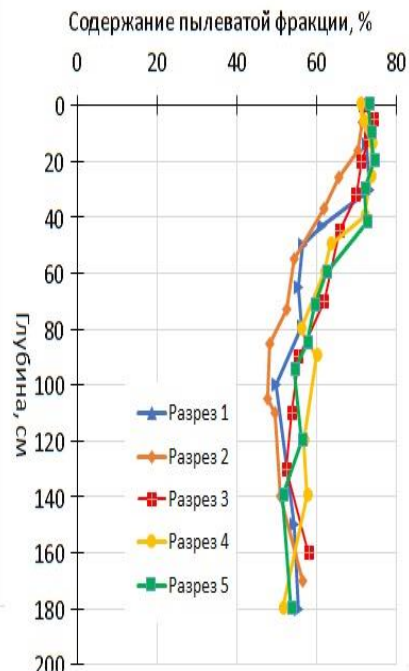
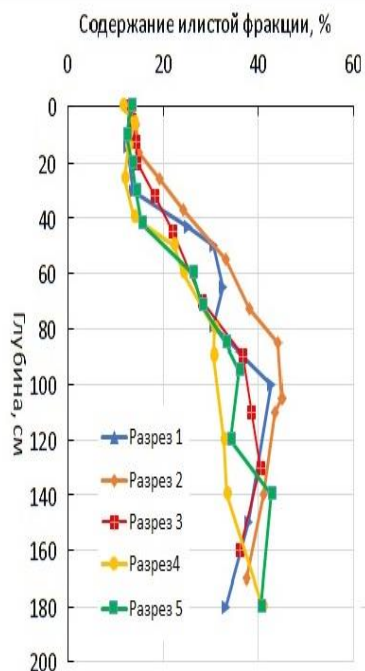
Характеристика древостоя

№ ППП	Число стволов	Структура древостоя	Запас древост., м³ /га	Диаметр См	Высота м	Средний возраст,	Подрост
ППП01-23	110	8П2Е+Л, ед. С,К	353,9	28,4±6,8	19,5±2,8	74	10П ед. К
ППП02-23	142	8П2Е+К, Л. ед С.	374,7	21,6±3,3	17,6±2,7	82	9П1Е
ППП03-23	124	9П1Е+К, ед. С	334,6	29,8±8,4	17,8±5,3	69	6Е2К2П
ППП04-23	135	10П+К, ед. Е	240,7	29,8,0±10,3	17,9±4,0	64	9П1Кед.Е
ППП05-23	106	9П1К+Е, ед, Б	275,1	29,9±7,9	17,8±2,4	62	9П1Е

Фитомасса напочвенного покрова					
Фитомасса, г/м²	№ пробной площади				
	ППП01-23	ППП02-23	ППП03-23	ППП04-23	ППП05-23
Средняя наземная	81,4	114,1	86,4	69,7	82,6
укос 1	174,0	234,7	134,9	137,4	141,7
укос 2	35,0	99,6	61,3	60,6	39,1
укос 3	35,1	59,7	62,9	38,3	67,1
укос 4		62,4		42,4	
Средняя подземная	1650,4	666,3	711,9	2912,9	3100,4
корни 1	2463,9	1069,7	614,8	4006,0	2474,0
корни 2	1417,6	715,4	854,4	2159,8	3844,4
корни 3	1069,7	846,2	666,4	3644,8	2988,7
корни 4		533,3		1848,0	



Почвы серые суглинистые, мелкогумусные глубокоосветленные



Запасы, г/м ²	№ пробной площади				
	ППП01-23	ППП02-23	ППП03-23	ППП04-23	ППП05-23
Наземная фитомасса	81,4	114,1	86,4	69,7	82,6
Подземная фитомасса	1650,4	666,3	711,9	2912,9	3100,4
Гумус в 0.5 м слое почв	18020	22910	20610	18870	21740

Организована и развивается система мониторинга поступления и выноса углерода с водами



Отбор снега и снегосъёмка



Осадкомер



Откачка лизиметрических вод



Лизиметр и его установка на глубине 0,5 и 0,1 м



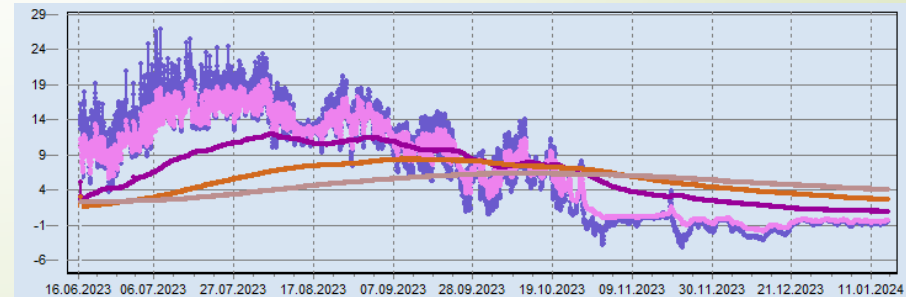
Установлено в подкروновом и межкroновом пространстве различных типов леса 10 осадкомеров.

Для оценки выноса углерода с внутрипочвенным стоком установлены по 2 лизиметра на глубинах 50 см и 4 лизиметра на глубине 0,1 м.

Обработано 63 проб (15 снега, 39 дождя, 1 почв. вод, 8 поверхностных вод)



Мониторинг стока воды и углерода в ручье, являющимся коллектором стока углерода с поверхностными водами



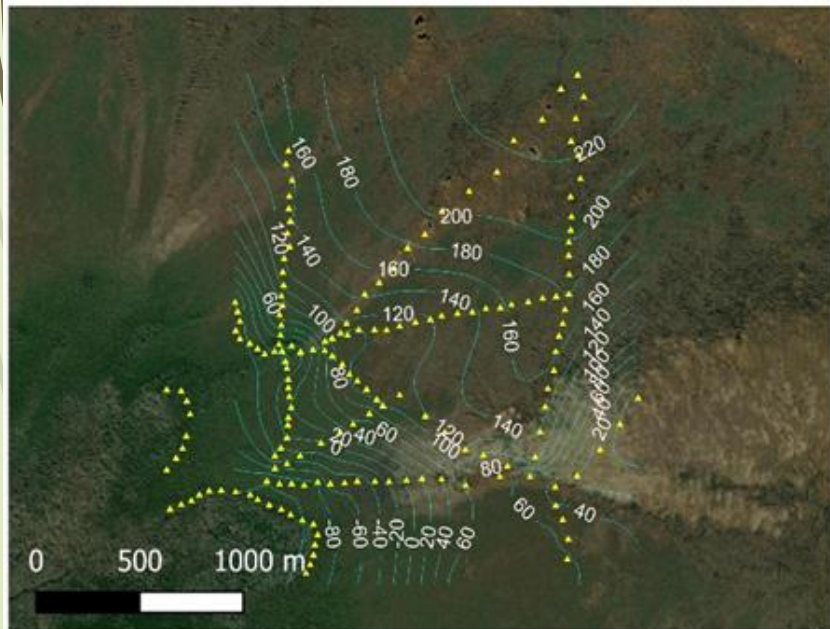
Организованы 4 пункта мониторинга термического режима почвогрунтов

Болотные экосистемы

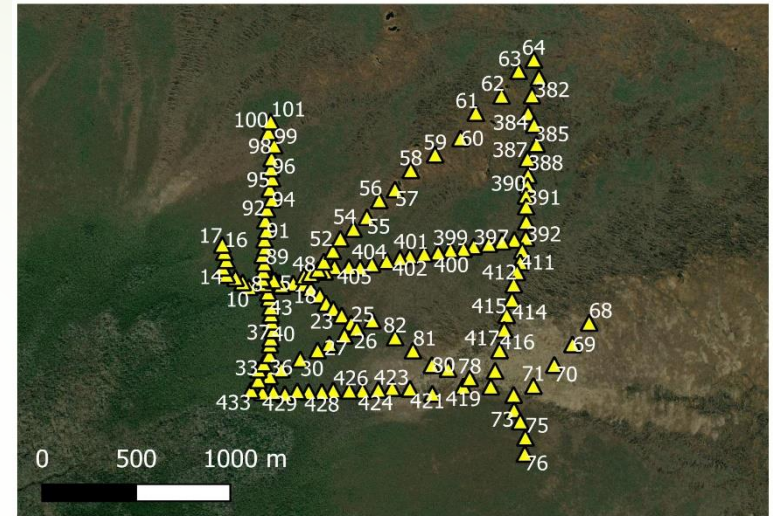
Выполнено обследование ключевого участка «Бакчарский», площадью 2270*2300 м.

- 149 кратких описаний болотной растительности;
- проведена нивелировка поверхности болотного массива;
- выполнена зондировка торфяной залежи на каждой точке описания (149 скважин).

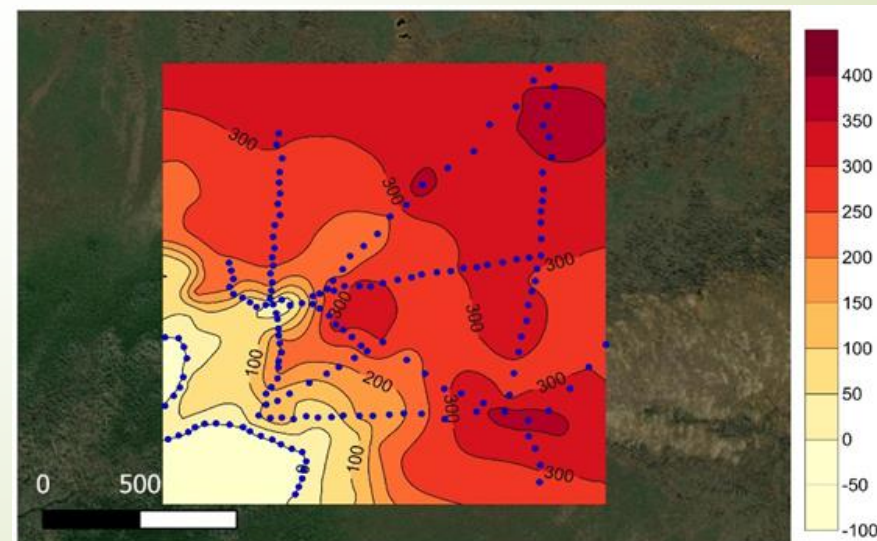
Карта поверхности болотного массива



Маршруты обследования ключевого участка и точки кратких геоботанических описаний.



Карта мощности торфяной залежи



Типы болотных фитоценозов, характерных для территории ключевого участка Бакчарское болото

Торфяное месторождение	Тип фитоценоза (количество описаний)	Глубина торфяной залежи, см
Т.м. «Бакчарское»	Заболоченный лес (9)	10-60
	Высокий рям (13)	60-230
	Рям (10)	110-370
	Низкий рям (57)	60-380
	Открытые топи (19)	150-360
	Грядово-мочажинные комплексы (23)	110-400
	Рямово-мочажинные участки (17)	120-320



Всего заложено 9 ППП в трех биогеоценозах.

10

52 геоботанических описания

55 укусов надземной фитомассы, 55 монолитов для определения подземной фитомассы

48 монолитов 0-50 см, 48 кернов 50-100 см.

3 полнопрофильных разреза (в среднем глубина разреза 300 см) включая минеральную породу



Полигон интенсивного уровня 2 типа Плотниково (Томская область)

11



Полигон Плотниково

II. МЕСТОНАХОЖДЕНИЕ

МЕСТОПОЛОЖЕНИЕ	Томская область, Бакcharский район, Бакcharское болото, 14.5 км на ЮЗ от п. Плотниково
КАТЕГОРИЯ ЗЕМЕЛЬ	Земли лесного фонда, Плотниковское участковое лесничество, урочище "Плотниковское"
КООРДИНАТЫ ЦЕНТРА	Широта: 56°48'50,342" с.ш. Долгота: 82°51'12,217" в.д. Высота: 121 м. н.у.м.

КАРТА-СХЕМА



— границы полигона

Полигон расположен на периферии Бакcharского болотного массива на территории олиготрофного грядово-озеркового комплекса. Рельеф плоский, в южной части полигона распространены болотные озерки.

Оборудование



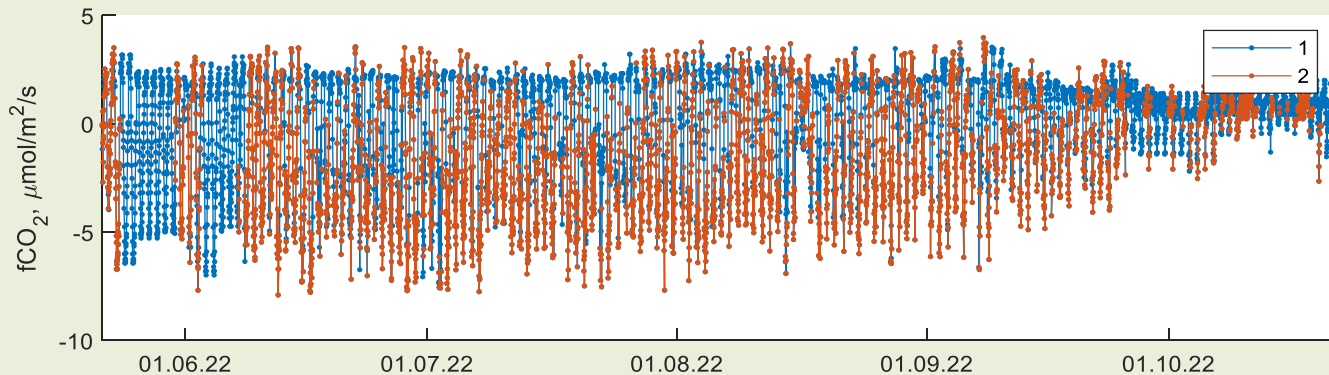
TO-PLT

- u-sonic 3 Metek MP Cage
- LICOR LI-7500DS (CO₂, H₂O)
- Высота установки – 3 м

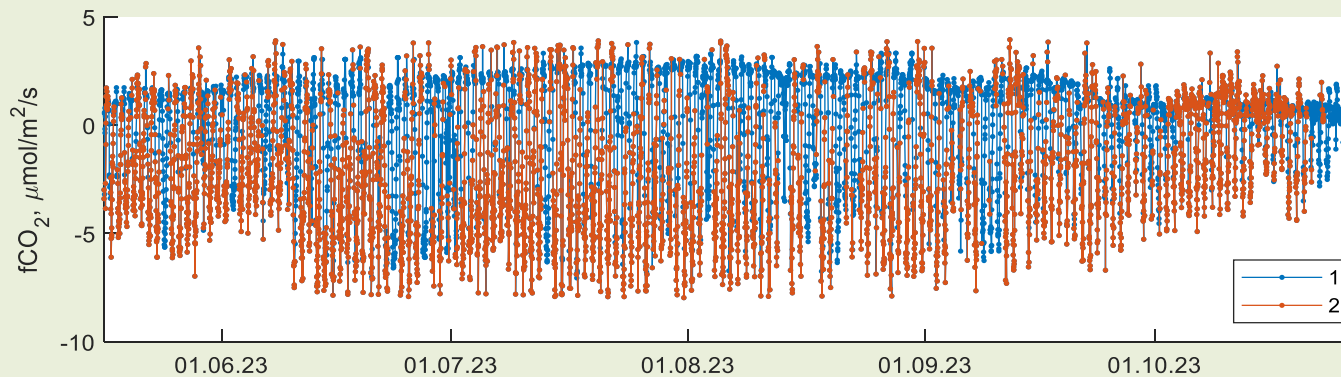
Суммарный экосистемный обмен

13 (результаты пульсационных измерений)

2022



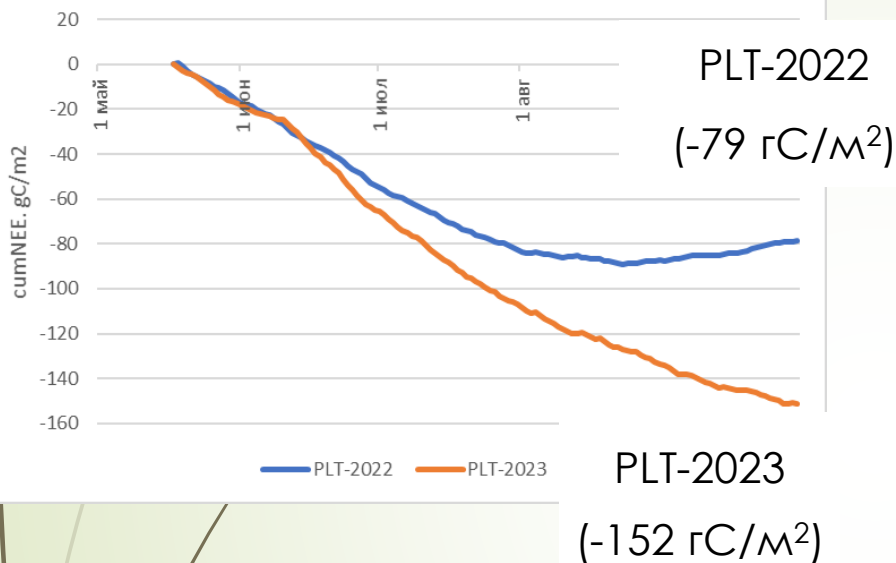
2023



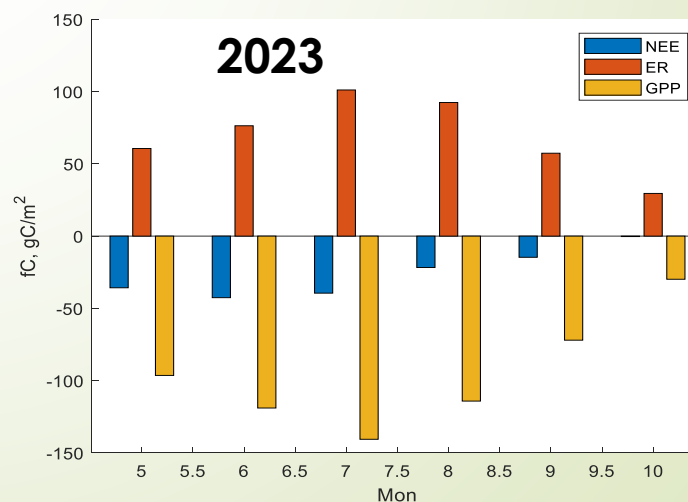
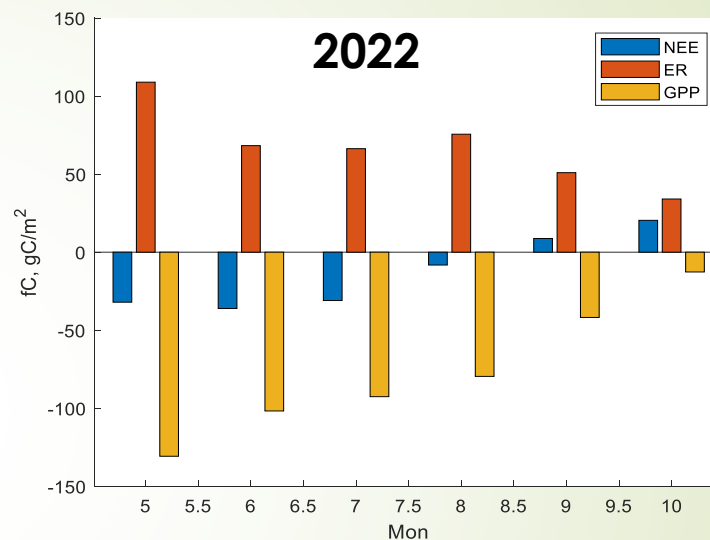
1 – заполнение пропусков (ReddyProc); 2 – наблюдения



Кумулятивный чистый экосистемный обмен

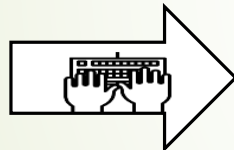
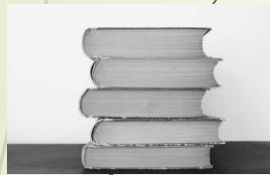


Суммарные месячные потоки углерода



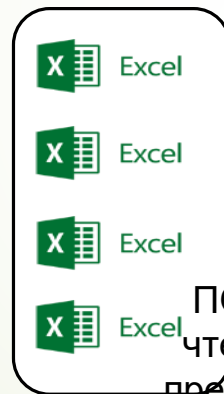
Создание базы данных PeatDepositsCarbon по торфяным месторождениям

Бумажные носители:
Справочник кадастровых
данных геологической
разведки торфяных
месторождений юго-востока
Западной Сибири
Архивные данные детальной
геологической разведки по
ряду торфяных
месторождений

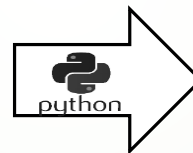


Ручной
ввод в
Excel

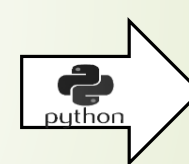
Совокупность
файлов
электронных
таблиц Excel



ПО для
чтения и
предобработ-
ки
данных



Данные в формате
Pandas dataframe
(автоматизированн
ые алгоритмы
фильтрации и
валидации данных,
инструменты для
анализа экспертом)



Реляционная
база данных

автоматизированные
алгоритмы фильтрации
и валидации данных,
инструменты для
анализа экспертом,
скрипты заполнения
базы данных

Разработана методика оценки запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири

Программа
PeatDepositsCarbonCalculation



~40 типичных
детально
разведанных
месторождений

Распространяем
расчеты на ~1500
месторождений
различных стадий
разведки

$$F_k = \frac{N_k}{\sum_{i=1}^n N_i}, k = 1..n$$
$$\bar{C}_{\text{орг}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{орг}}^{(i)} * F_i$$

N_k, N_i – количество проб определенного вида торфа в блоке конкретного типа торфяной залежи

n – общее количество видов торфа

$C_{\text{орг}}^{(i)}$ – содержание $C_{\text{орг}}$ для каждого вида торфа по базе данных $C_{\text{орг}}, \%$,

F_i – доля каждого вида торфа в блоке конкретного типа торфяной залежи, %

Пространственное распределение метеорологических величин в приземной атмосфере Западной Сибири в июле (2003-2020гг.)

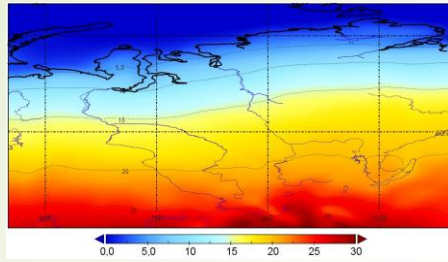
Температура, °С

Температура, °С

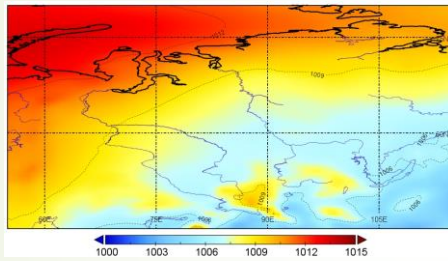
Реанализ CAMS

Пространственное разрешение
 $0,75^\circ \times 0,75^\circ$

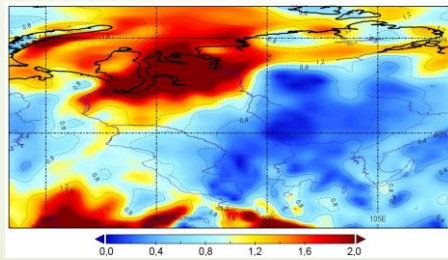
Временное разрешение:
1-3 часа



Атмосферное давление, гПа



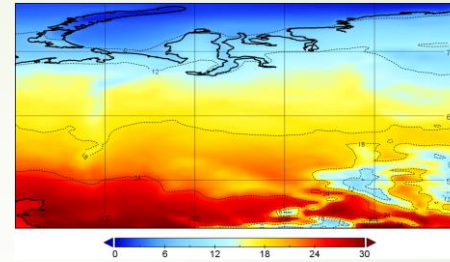
Скорость ветра, м/с



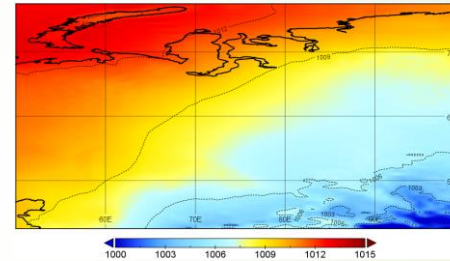
Реанализ MERRA2

Пространственное разрешение
 $0,5^\circ \times 0,625^\circ$

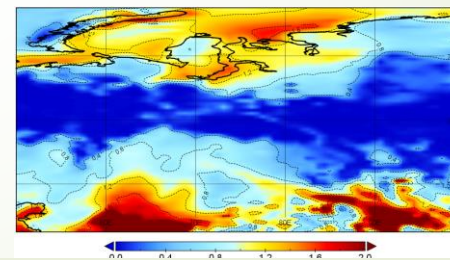
Временное разрешение:
1-3 часа



Атмосферное давление, гПа



Скорость ветра, м/с



Распределение температуры в приземной атмосфере, в целом, согласуется по двум базам данных, за исключением территории Западного Саяна и плато Путорано.

Распределение атмосферного давления в летние месяцы также согласуется по двум базам данных.

Распределение скорости ветра существенно различается по двум архивам данных. По данным MERRA2 значения скорости ветра, в целом ниже, по сравнению с данными CAMS.

Временная изменчивость метеорологических величин в приземной атмосфере в регионах Западной Сибири за период 2003-2020 гг. по данным MERRA2

Распределение метеовеличин в приземном слое атмосферы в Западной Сибири летом близко в нормальному (ИДР/СКО = 2,5).

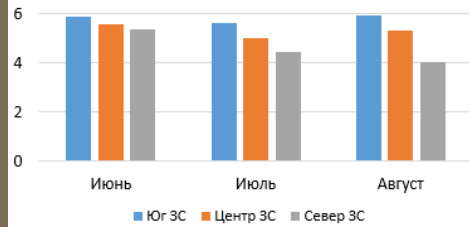
Диапазон изменчивости температуры воздуха увеличивается с севера на юг Западной Сибири.

Для атмосферного давления СКО и ИДР, напротив, уменьшаются с севера на юг. Максимум на севере обусловлен формированием области барических образований антициклонального типа в районе Карского моря и п-ва Таймыр.

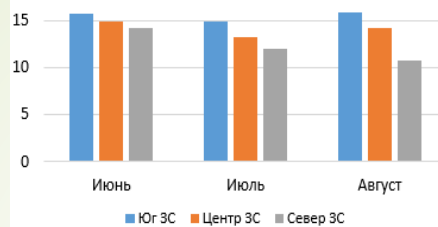
В Западной Сибири за период исследования зоны максимума СКО и ИДР горизонтальной скорости ветра располагаются на юге региона. Минимальные значения СКО и ИДР скорости сосредоточены в центральной части региона.

По результатам исследования определён диапазон изменчивости метеовеличин, необходимый для задач моделирования потоков углекислого газа или метана.

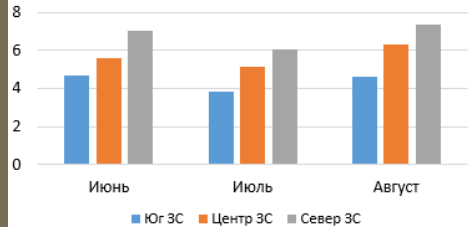
СКО температуры воздуха, °С



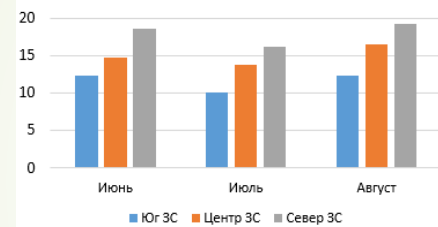
ИДР температуры воздуха, °С



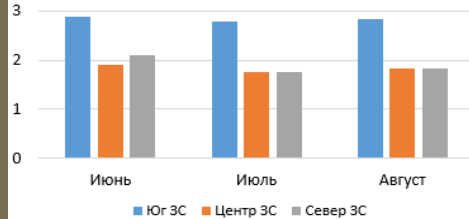
СКО атмосферного давления, гПа



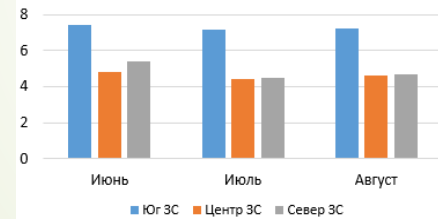
ИДР атмосферного давления, гПа



СКО скорости ветра, м/с



ИДР скорости ветра, м/с



юг – 40-50°с.ш. центр – 50-60°с.ш. север – 60-70°с.ш.

СКО – среднеквадратическое отклонение (68%)

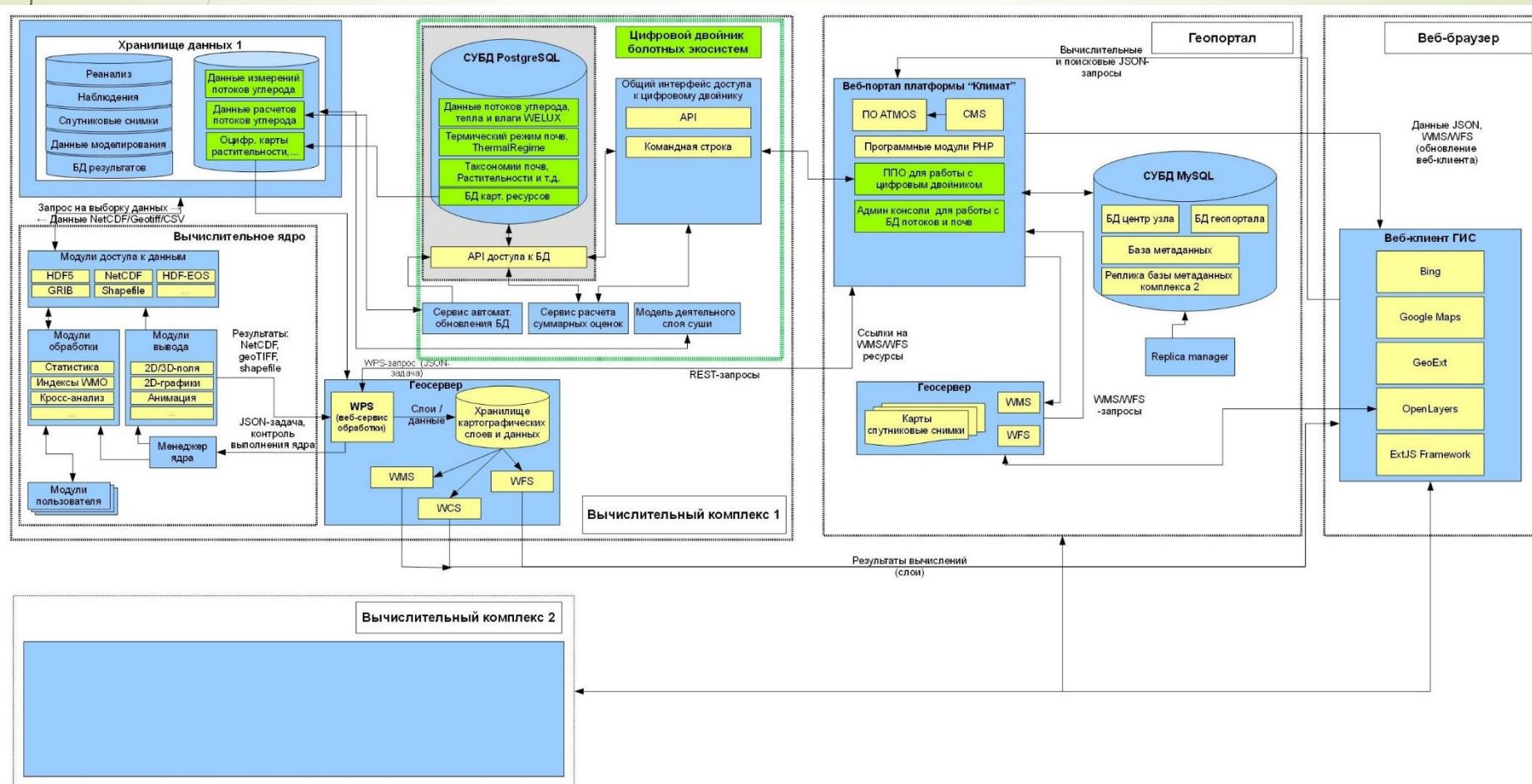
ИДР – интердецильный размах, $Q_{0,9}-Q_{0,1}$ (80%)

Нормальное распределение

ИДР ≈ 2,5 СКО

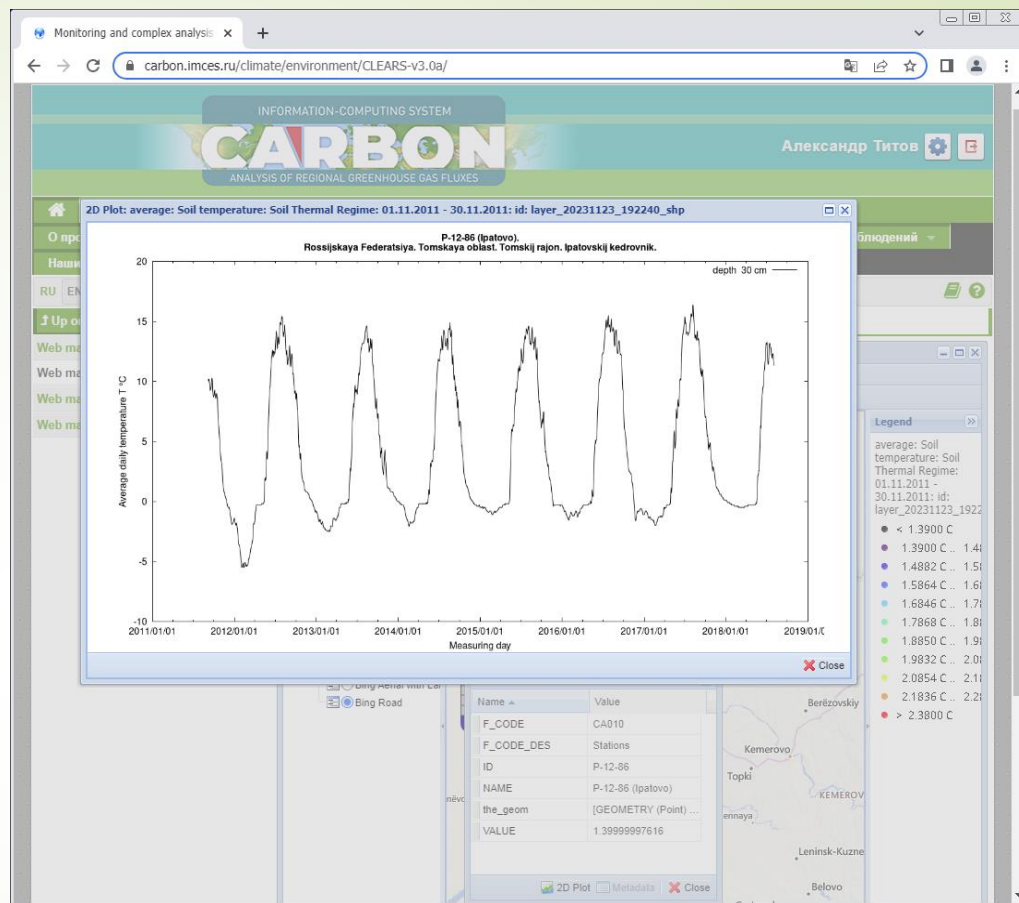
Прототип ИАС мониторинга

- Разработан прототип программного комплекса как базис распределенной ИАС мониторинга и комплексного анализа потоков парниковых газов
- Основные компоненты: структурированные архивы пространственных данных и их метаданные, вычислительное ядро, геопортал и веб-клиент ГИС
- Интеграция баз данных мониторинга болот юга таежной зоны Западной Сибири и специализированного ПО для унифицированной работы с ними



Прототип ИАС мониторинга

- Геопортал прототипа <http://carbon.imces.ru>.
- Промежуточное программное обеспечение (ППО), интегрирующее базы данных PostgreSQL результатов измерений и моделирования геофизических величин, а также программных компонент, реализующих REST API доступа к ним, в прототип ИАС мониторинга потоков парниковых газов.



Расчет средних значений температуры почвы на глубине 30 см для почвенных разрезов на территории Томской области за ноябрь 2011г.

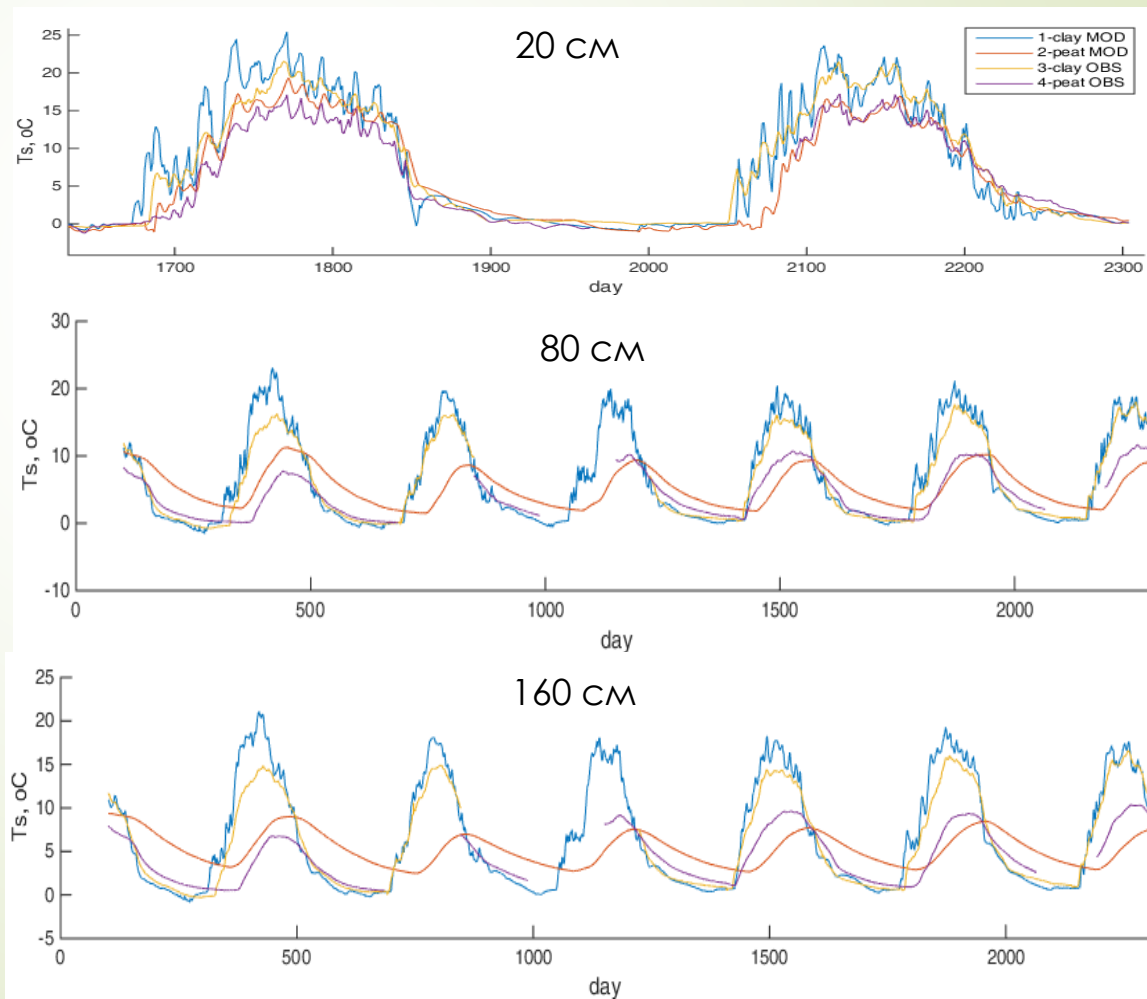
ППО состоит из:

Программный модуль веб-доступа к цифровому двойнику как единому объекту
Клиентское программное обеспечение на стороне геопортала прототипа распределенной ИАС мониторинга и комплексного анализа потоков парниковых газов, состоящее из серверного приложения на языке PHP, и клиентских компонент, реализованных на базе JavaScript-библиотеки ExtJS.

Модификация модели поверхности суши TerM (ИВМ-МГУ)

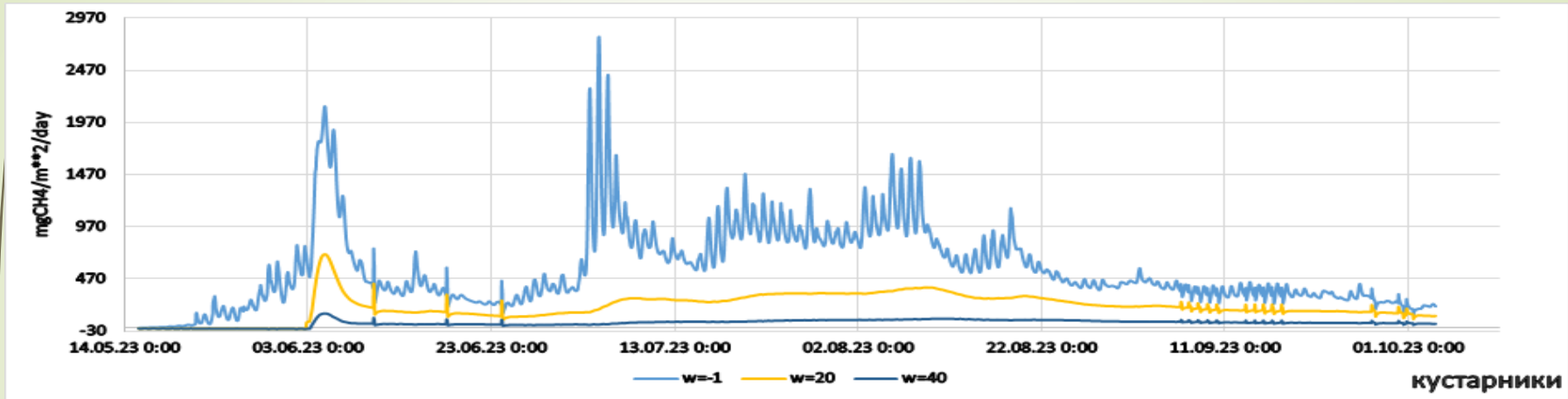
- Параметризация уровня грунтовых вод, механизм горизонтального стока
- Параметризация коэффициента диффузии и гравитационного потока
- Описание гидрофизических характеристик торфогрунтов
- Воспроизведение потоков метана

Температура торфяной и минеральной почвы на разных глубинах (20, 80, 160 см) (моделирование и измерения в районе Бакчара (Томская обл.), 2013 – 2019 гг.

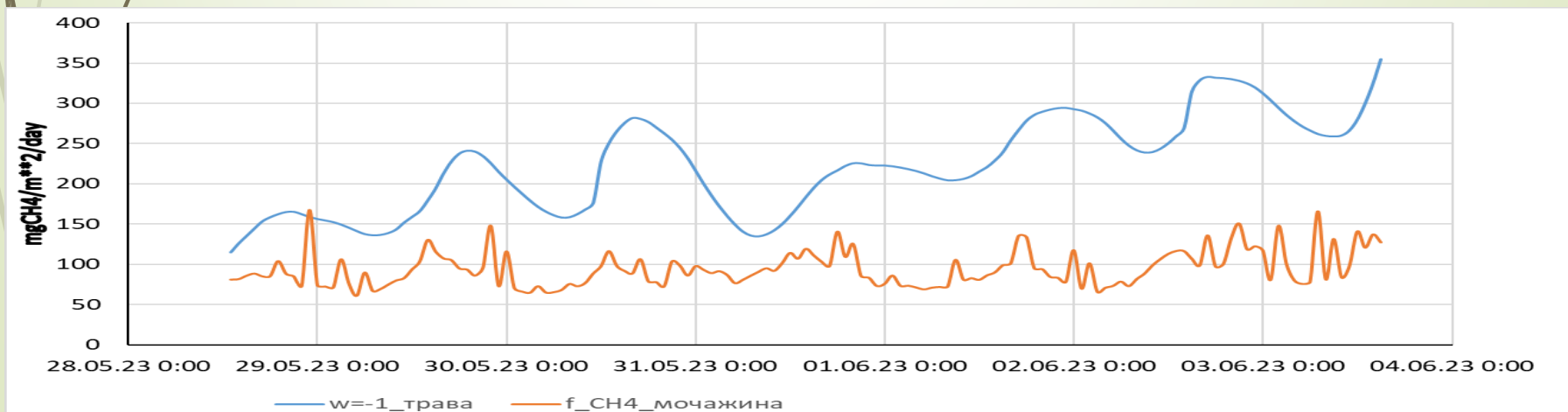


Моделирование эмиссии метана

Влияние уровня болотных вод на эмиссию метана



Эмиссия метана данные измерения (оранжевый) и модельные данные (синий) при уровне болотных вод 1 см на мочажине грядово-мочажинного комплекса стационара «Мухрино»



Заключение

Заложены и обследованы экспериментальные пробные площади в разных типах болотных и лесных экосистем, апробированы методические подходы полевых исследований, выполнен анализ полученных материалов и оценка достоверности.

Получены сводные данные общетехнических свойств торфа олиготрофных и мезотрофных болотных экосистем с радиоуглеродными датировками.

Определены параметры углеродного обмена болотных экосистем

Выполнена интеграция и обработка данных для расчетов потоков углерода на экосистемном уровне в Западной Сибири.

Протестирована версия модели деятельного слоя суши, включающая болотные экосистемы.

Создана концептуальная и программная основы для разработки прототипа п информационно-аналитической системы мониторинга потоков парниковых газов болотных экосистем южно-таежной зоны Западной Сибири.

ENVIROMIS 2024



О КОНФЕРЕНЦИИ

РЕГИСТРАЦИЯ

МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ

КОНТАКТЫ



МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ, МОДЕЛИРОВАНИЮ И
ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

ТОМСК, 01 - 06 ИЮЛЯ