

# ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БПТ

*Брагинская Людмила Петровна<sup>1</sup>,  
Григорюк Андрей Павлович<sup>1</sup>,  
Ковалевский Валерий Викторович<sup>1</sup>,  
Семинский Игорь Константинович<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> ИВМиМГ СО РАН, г. Новосибирск

<sup>2</sup> ИЗК СО РАН, г. Иркутск

*Работа выполнена при поддержке проекта Минобрнауки  
РФ № 075-15-2020-787 «Фундаментальные основы,  
методы и технологии цифрового мониторинга и  
прогнозирования экологической обстановки БПТ»*



**Всероссийская конференция с международным  
участием «Обработка пространственных данных в  
задачах мониторинга природных и антропогенных  
процессов» (SDM-2023)**

Секция 4. Фундаментальные основы, методы и технологии  
цифрового мониторинга и прогнозирования экологической  
обстановки Байкальской природной территории

К одним из наиболее опасных экологических рисков Байкальского региона можно отнести сейсмические риски. Озеро Байкал заполняет котловину, являющуюся частью Байкальской рифтовой зоны (БРЗ). Тектонический процесс формирует БРЗ и инициирует активизацию связанных с ее развитием опасных геологических явлений (землетрясений, селевых потоков, обвалов, оползней и др.) Кроме того, в 2020–2023 годах фиксируется смещение сейсмоактивности в густонаселённую южную и центральную части Байкальского рифта. Одной из важнейших задач сейсмического прогнозирования БПТ последних лет является организация систематических наблюдений, а также получение и численный анализ данных комплексного геофизического мониторинга. ИЗК СО РАН создана пилотная сеть комплексного геофизического мониторинга, состоящая из нескольких полигонов: «Максимиха», «Приольхонье», «Бугульдейка», «Листвянка», «Зун-Мурино». Основу наблюдательной сети в пределах каждого полигона составляет пункт комплексного мониторинга. Измерения производятся с использованием современного оборудования. Это радиометры, температурные логгеры, магнитотеллурические станции, регистраторы режима подземных вод, сейсмометры, GPS-приемники, деформометры и прочее. В настоящее время сеть мониторинга находится в процессе становления: пункты наблюдений доукомплектовываются аппаратурой, организуются линии связи, отлаживается программное обеспечение.

Цифровая платформа (<https://izk.sssc.ru>) осуществляет функции хранения, обработки и анализа данных, а семантическая подсистема решает задач семантического поиска, классификации, структуризации и интеграции информации.



Бэкенд сервера написан на языке Python с использованием следующих программных библиотек:

- Streamlit — веб-фреймворк;
- Matplotlib — построение 2D и 3D диаграмм;
- NumPy — поддержка многомерных массивов и матриц;
- Pandas, SciPy — научные и инженерные расчеты;
- ObsPy — фреймворк для работы с сейсмологическими данными;
- Folium GIS — ГИС, использующая карты OpenStreetMap.

Log in

Start:

2020/12/09 00:00:00

End:

2020/12/12 00:00:00

Stations:

Choose an option

Channels:

Choose an option

Settings:

Choose an option

Data analysis

Submit

### Данные мониторинга опасных геологических процессов, визуализация и анализ

**Пункты мониторинга:**

- BUGD Бугульдейка
- LIST Листвянка
- MAKS Максимиha
- POLH Приольхонье
- YUBK Южный Байкал
- ZUMR Зун-Мурино

**Методы мониторинга:**

- CH [Гидрогеохимический](#)
- DF [Деформометрический](#)
- EL [Магнитотеллурический](#)
- EM [Эманационный](#)
- GD [Геодезический](#)
- HG Гидрогеологический
- MT Метеорологический
- SS [Сейсмологический](#)
- TM [Инженерно-геологический](#)

- DayPlot "суточная" сейсмограмма (SS)
- MovAver фильтр скользящего среднего (EL, EM, GD, SS/polar)
- Sav-Gol фильтр Савицкого-Голея (EL, EM, GD)
- Butterworth фильтр Баттерворта (EL, SS)

**Анализ / Analysis**

- entrp энтропийный анализ (EM)
- mfdfa мультифрактальный анализ (DF, EL)
- polar поляризационный анализ (SS)
- sp/spl частотный спектр мощности, линейная/логарифмическая шкала (EL, SS)
- spg/spgl/spgll спектрограмма, линейная/логарифмическая шкала/шкалы (EL, SS)
- spwll спектральная плотность мощности по Уэлчу, логарифмические шкалы (EL, SS)

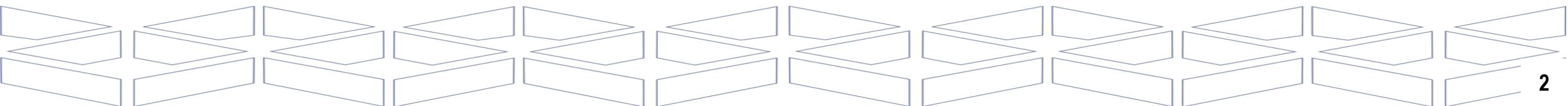
**Автоматический поиск предвестников / PrecSearch**

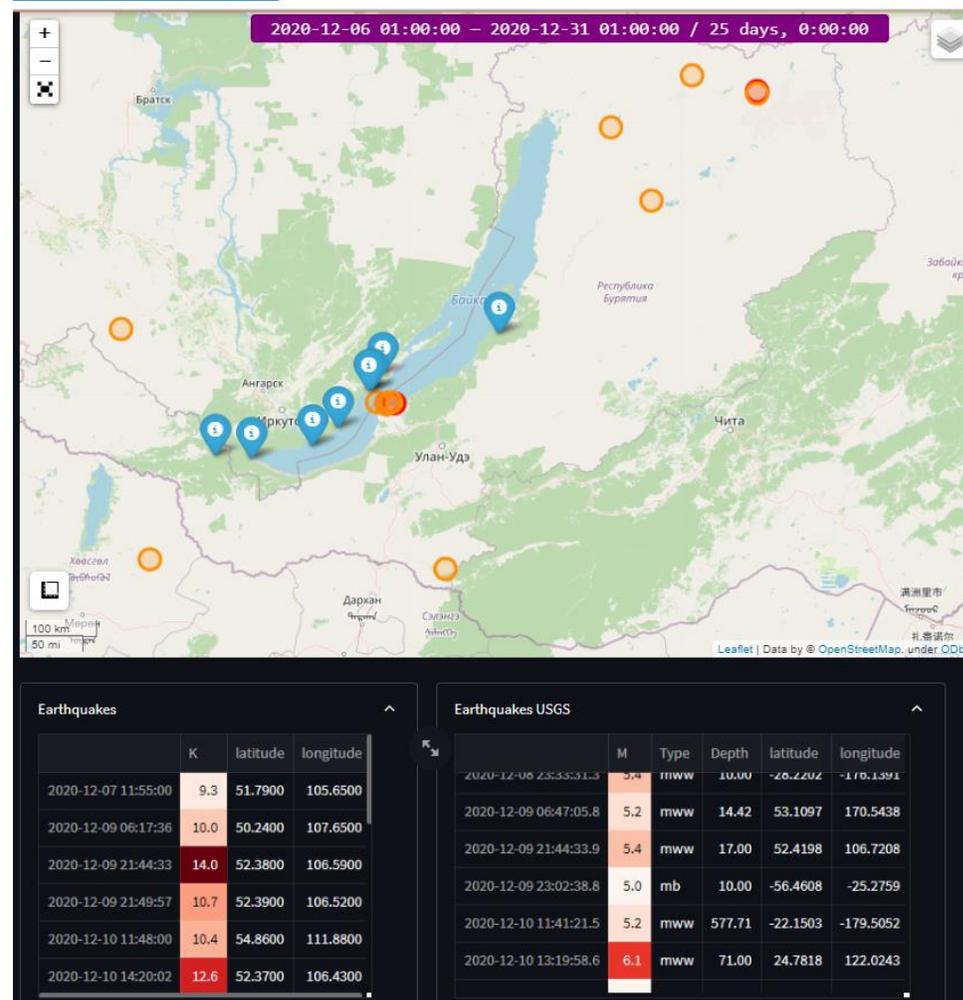
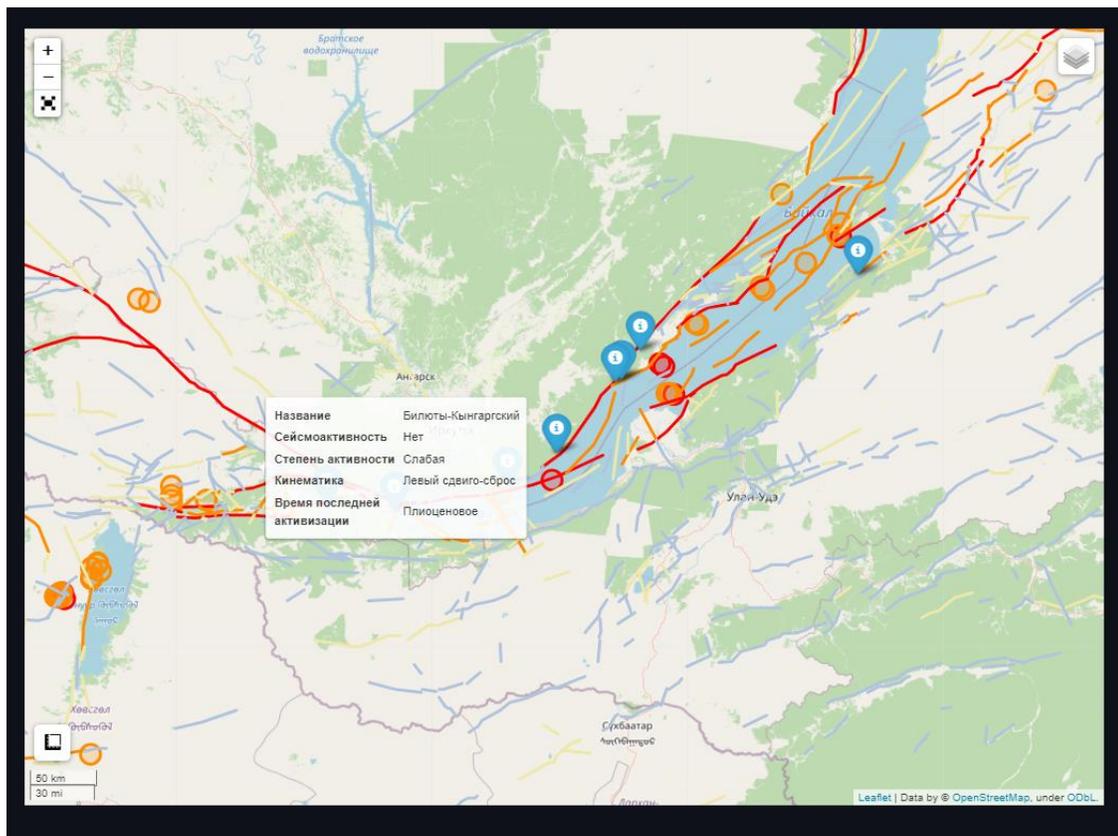
- Us (в разработке)
- Um (в разработке)

[Наверх](#)

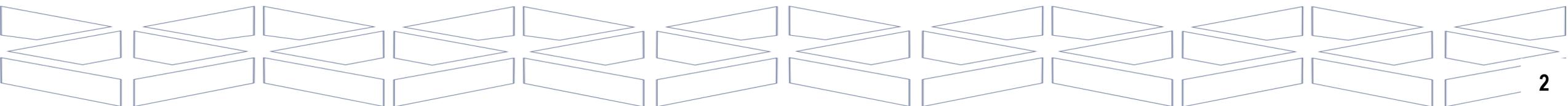
**Станции, каналы, настройки:**

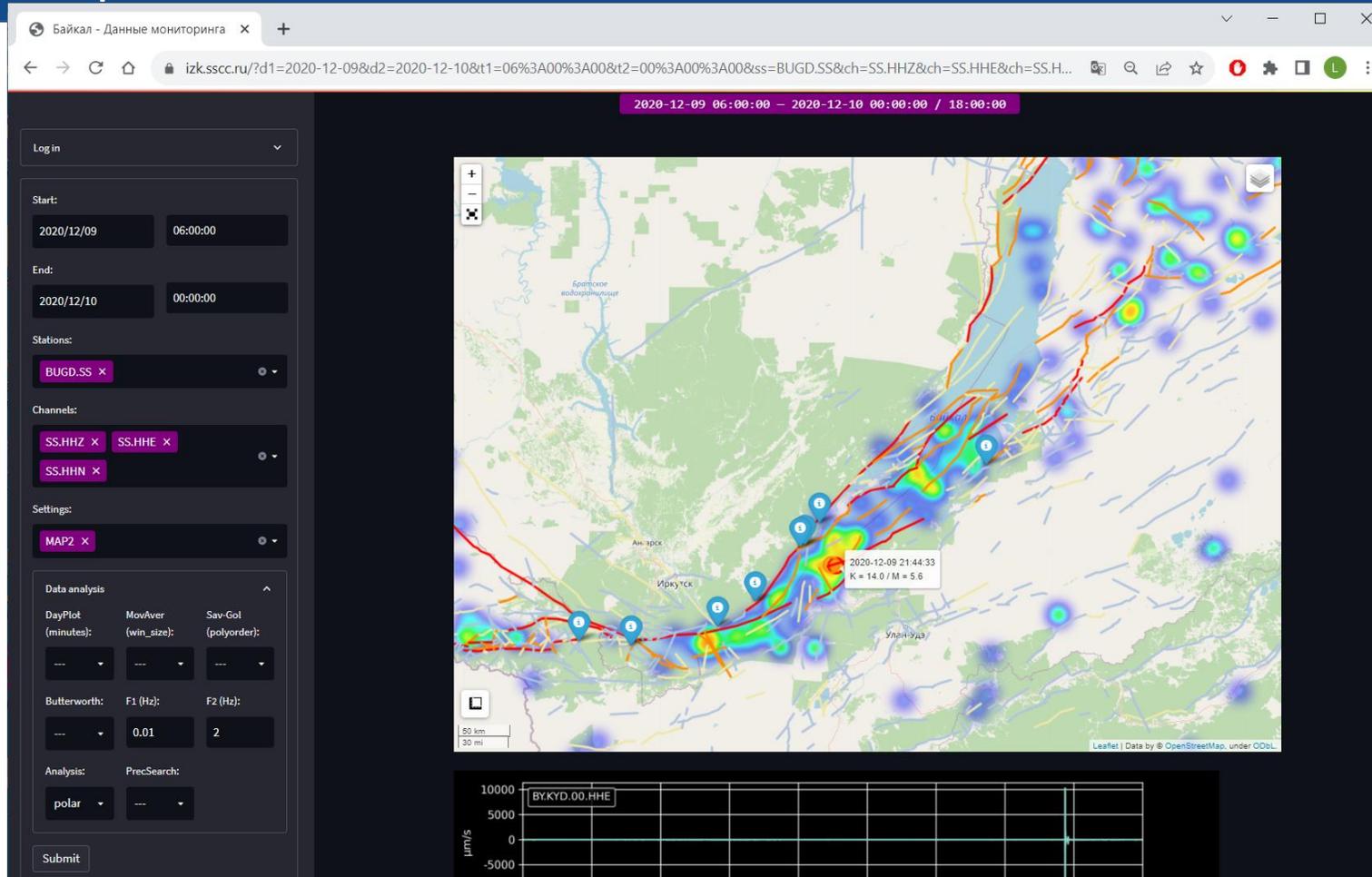
- Станции / Stations
  - ПУНКТ.МЕТОД
- Каналы / Channels
  - МЕТОД.КАНАЛ
- Настройки / Settings
  - >>> / <<<< сдвиг интервала времени вперед/назад на величину интервала
  - × 0.1 множитель вертикальной шкалы (EL, SS)
  - CLP3 клипирование на уровне  $3\sigma$  (DF, EL, SS)
  - DLD выгрузка данных в формате CSV (для авторизованных пользователей)
  - DOC диаграммы с белым фоном для вставки в документы



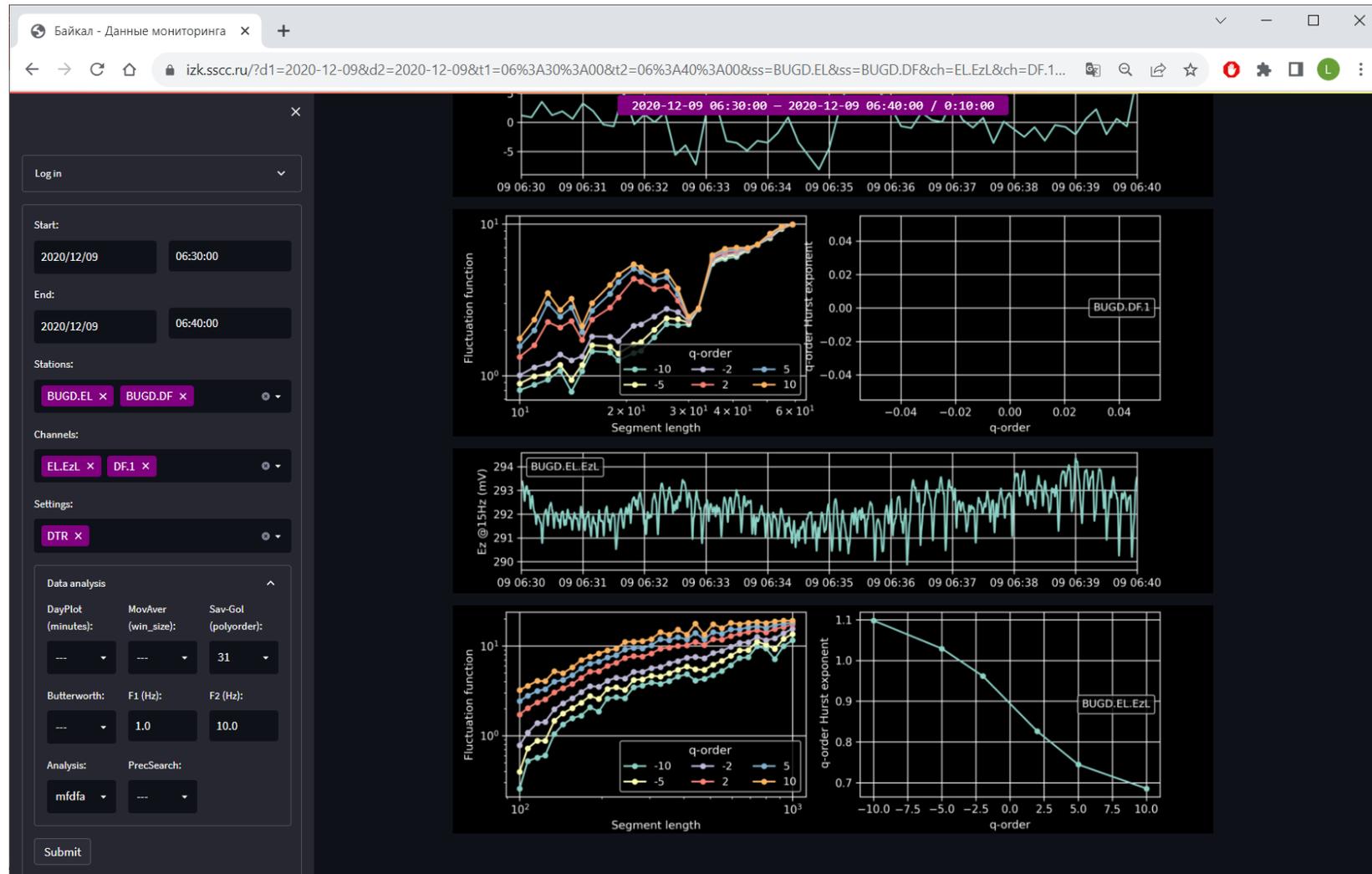


## Картографические сервисы



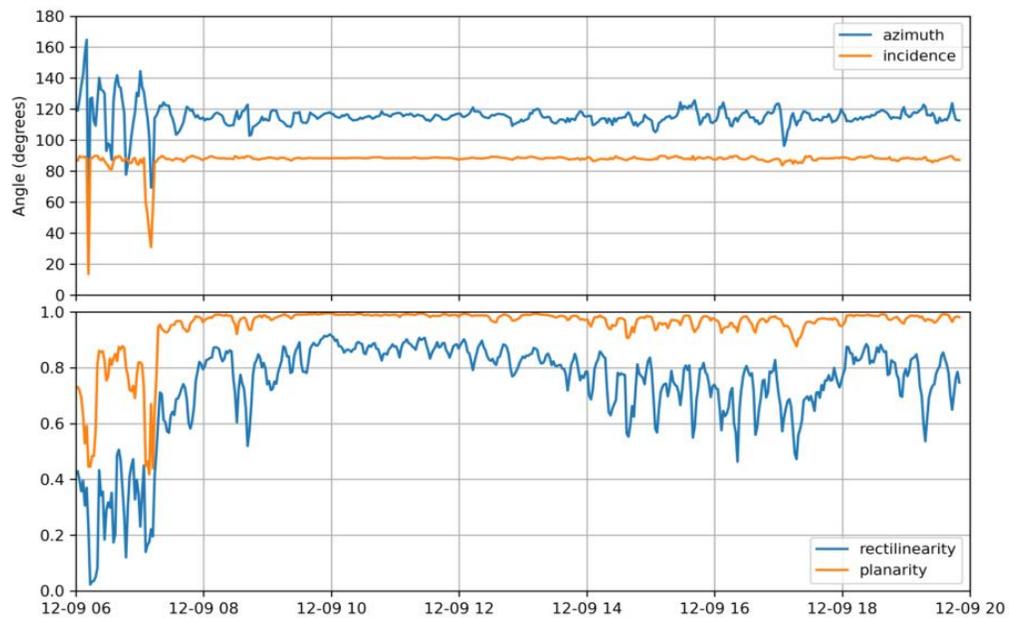


Кударинское землетрясение

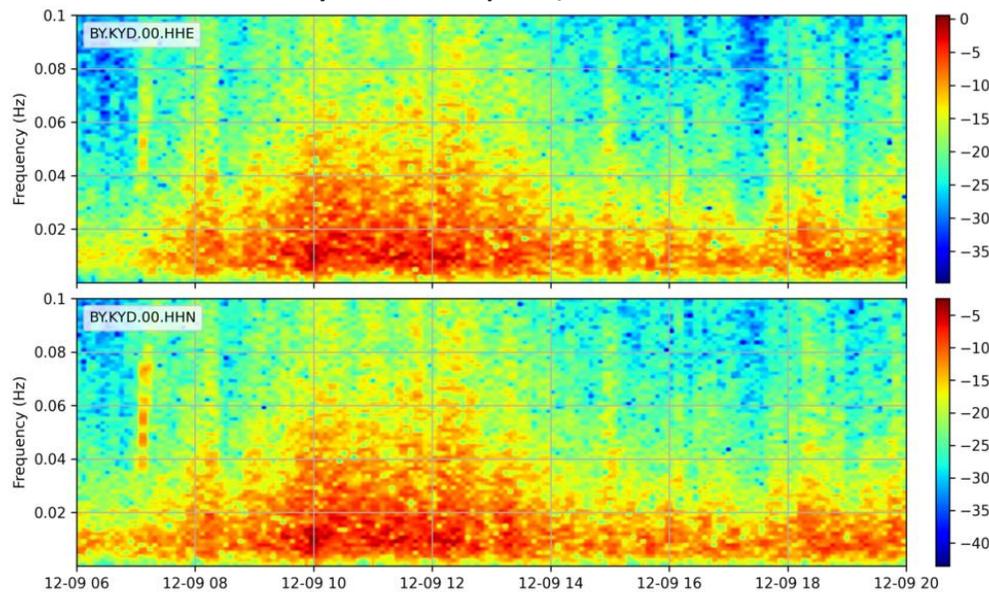


**Фрактальный анализ  
Данных  
(магнитотеллурический мониторинг  
и мониторинг деформаций)**

## СЕЙСМИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ

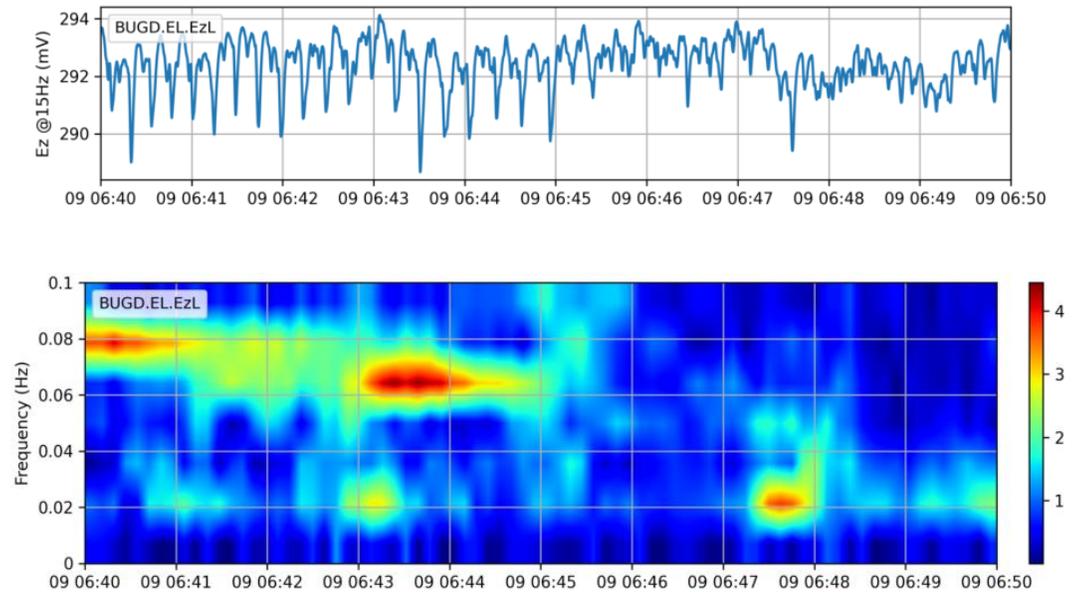


Результаты поляризационного анализа



Спектрограммы горизонтальных компонент

## ЭЛЕКТРОТЕЛЛУРИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ



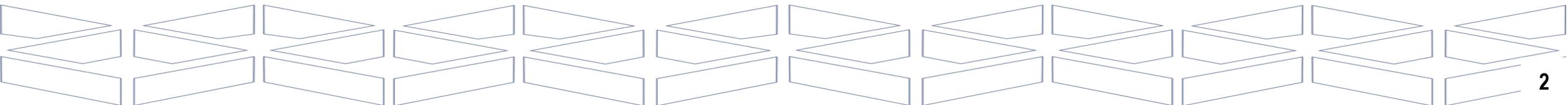
Ряд наблюдений Ez (вверху) и спектрограмма (внизу)

Одной из основных научных задач в сфере информационных технологий на сегодняшний день является разработка механизмов анализа и обработки информации в гетерогенных источниках с целью наделения информационных систем способностями логического анализа информации и генерации выводов, которые станут основой выполнения процедур накопления и обработки знаний.

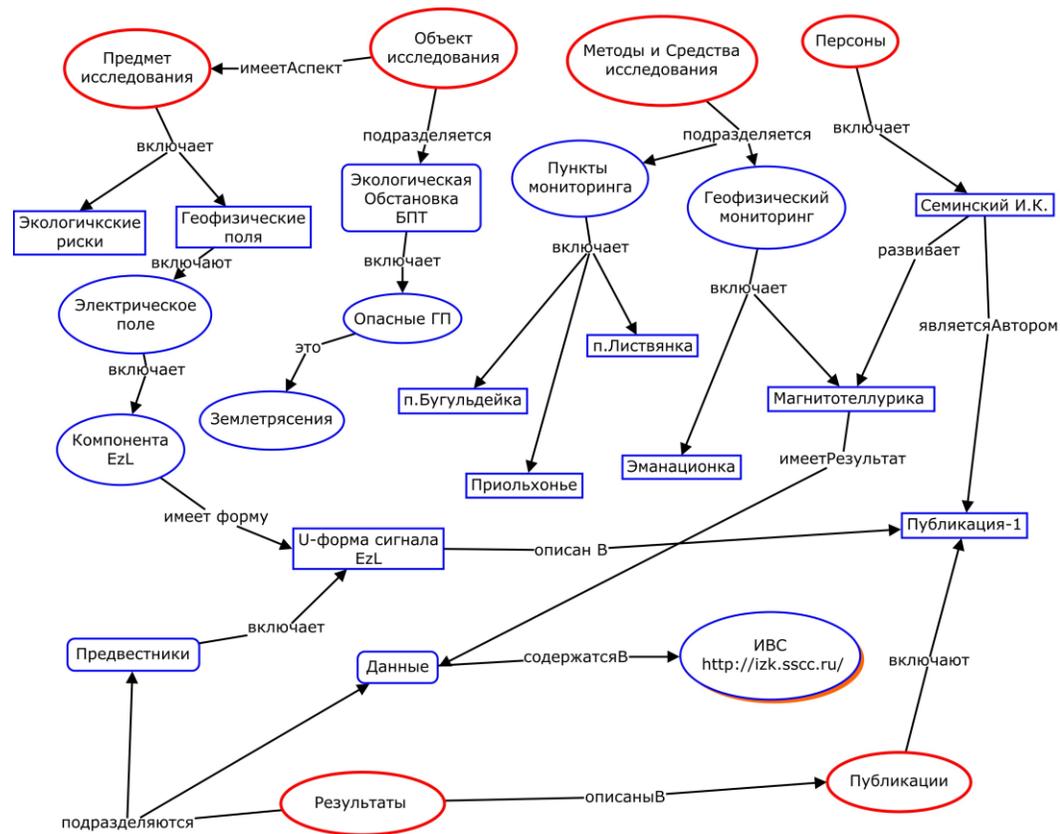
Интеграция знаний из различных источников может проводиться на основе онтологии, требования к разработке которой будут находиться в заранее сформированных спецификациях.

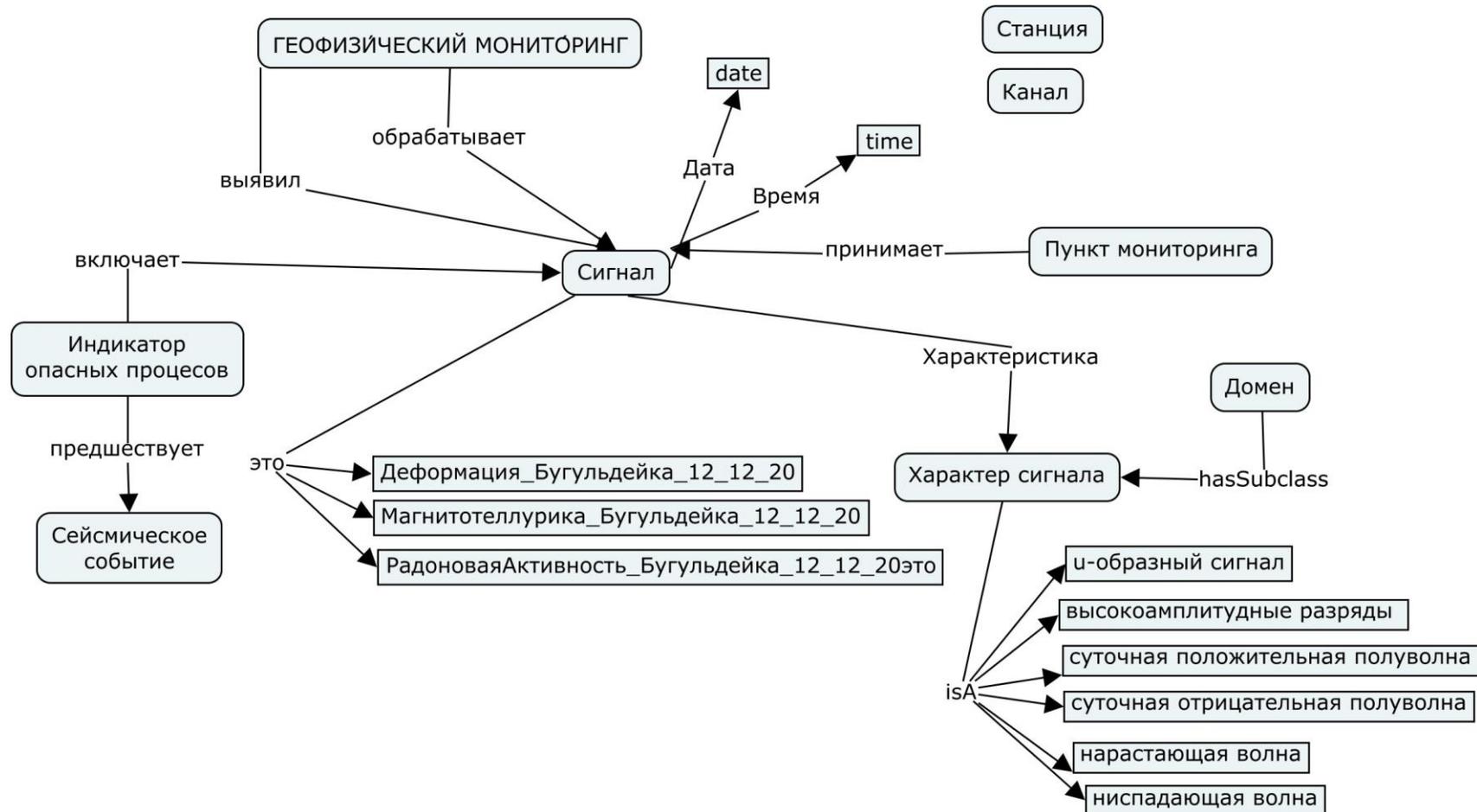
По определению Грубера, онтология — это спецификация концептуализации, формализованное представление основных понятий и связей между ними.

Онтология формирует комплекс базовых понятий научного направления для компактного и непротиворечивого представления всей совокупности знаний, представленных группой экспертов.









# Результат работы машины логического вывода (Reasoner)

SDM-2023

: [D:\MyDocs\ОНТОЛОГИЯ\protege\ГеофизическийМониторинг\_22.ttl]

OntoGraf x

Class hierarchy: ИндикаторОпас... Annotations: ПредвестникЗемлетрясения1

owl:Thing

- ГеографическоеМесто
- Данные
- Деятельность
- Задача
- ИнформационныйРесурс
- МетодИсследования
- Комплексный геофизическийМо
- ОбластьИспользования
- ОбъектИсследования
- Организация
- Персона
- ПредметИсследования
- ИндикаторОпасныхПроцессов
- Сигнал геофизическогоМонитор
- Экологическая\_обстановка
- Опасный геологическийПроц
- Публикация
- РазделНауки
- РезультатПродукт
- СлужебныйКласс
- Событие
- СредствоИсследования

Annotations: ПредвестникЗемлетрясения1

Annotations +

rdfs:seeAlso [language: ru]

Предвестник землетрясения 1

Description: ПредвестникЗемлетрясения1

Types +

- ИндикаторОпасныхПроцессов

Same Individual As +

Annotations: ИндикаторОпасныхПроцессов Description: ИндикаторОпасныхПроцессов

Annotations +

rdfs:label [language: ru]

Индикатор опасных процессов

synonym [language: ru]

Маркер опасных процессов

Equivalent To +

SubClass Of +

- ПредметИсследования

General class axioms +

Property assertions: ПредвестникЗемлетрясения1

Object property assertions +

Data property assertions +

Thing\_Название "Предвестник землетрясения 1"@ru

Annotations: ПредвестникЗемлетрясения1

Annotations +

rdfs:seeAlso [language: ru]

Предвестник землетрясения 1

Description: ПредвестникЗемлетрясения1

Types +

- ИндикаторОпасныхПроцессов

Same Individual As +

Annotations: ИндикаторОпасныхПроцессов Description: ИндикаторОпасныхПроцессов

Annotations +

rdfs:label [language: ru]

Индикатор опасных процессов

synonym [language: ru]

Маркер опасных процессов

Equivalent To +

SubClass Of +

- ПредметИсследования

General class axioms +

Property assertions: ПредвестникЗемлетрясения1

Object property assertions +

- включаетСигнал\_Индикатор\_Сигнал РадоноваяАктивность\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- включаетСигнал\_Индикатор\_Сигнал Деформация\_Бугульдейка\_12\_12\_20

Explanation for: ПредвестникЗемлетрясения1 включаетСигнал\_Индикатор\_Сигнал Магнитотеллурика\_Бугульдейка\_12\_12\_20

- ПолигонБугульдейка принимает\_Пункт\_Сигнал РадоноваяАктивность\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- МониторингРадоновойАктивности выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью РадоноваяАктивность\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- РадоноваяАктивность\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Дата "12\_12\_20"@ru
- МониторингДеформацииПородногоМассива выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью Деформация\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- Деформация\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Характеристика суточнаяПоложительнаяПолуволна
- РадоноваяАктивность\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Характеристика суточнаяОтрицательнаяПолуволна
- Магнитотеллурика\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Характеристика высокоамплитудныеРазряды
- ПолигонБугульдейка принимает\_Пункт\_Сигнал Деформация\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью(МониторингДеформацииПородногоМассива, ?сд), выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью(МониторингМагнитотеллурическогоПоля, ?см), выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью (МониторингРадоновойАктивности, ?ср), Сигнал\_Характеристика(?сд, суточнаяПоложительнаяПолуволна), Сигнал\_Характеристика(?ср, суточнаяОтрицательнаяПолуволна), Сигнал\_Характеристика(?см, высокоамплитудныеРазряды), Сигнал\_Дата(?сд, ?дд), Сигнал\_Дата(?см, ?дд), Сигнал\_Дата(?ср, ?дд), принимает\_Пункт\_Сигнал(?пункт, ?сд), принимает\_Пункт\_Сигнал(?пункт, ?см), принимает\_Пункт\_Сигнал(?пункт, ?ср), ИндикаторОпасныхПроцессов(?инд) -> включаетСигнал\_Индикатор\_Сигнал(?инд, ?ср)
- Магнитотеллурика\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Дата "12\_12\_20"@ru
- Деформация\_Бугульдейка\_12\_12\_20 Сигнал\_Дата "12\_12\_20"@ru
- ПолигонБугульдейка принимает\_Пункт\_Сигнал Магнитотеллурика\_Бугульдейка\_12\_12\_20
- ПредвестникЗемлетрясения1 Type ИндикаторОпасныхПроцессов
- МониторингМагнитотеллурическогоПоля выявил\_Мониторинг\_СигналСОсобенностью Магнитотеллурика\_Бугульдейка\_12\_12\_20

XX Всероссийской научной кон... | GEL - Геодинамическая эволю... | Объект "Магнитотеллурика Буг..."

localhost/inir/index.php?r=ontology%2Fshow-individual&individual\_id=http%3A%2F%2Fwww.semanticweb.org%2Fgal%2Ffontologies%2F2018%2F0%2F9%2FDMS-ontology%... | Выход (admin)

## ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА КОМПЛЕКСНОГО ГЕОФИЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА БПТ

ЦЕНТР КОМПЛЕКСНОГО МОНИТОРИНГА ОПАСНЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
**ИЭК СО РАН**

Главная | **Онтология** | Панель управления | Ресурс

Табличное представление | Графовое представление

Свойства объекта [Редактировать](#)

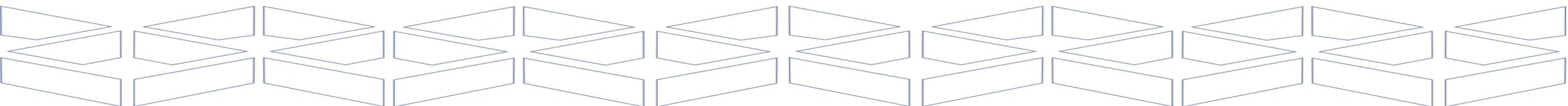
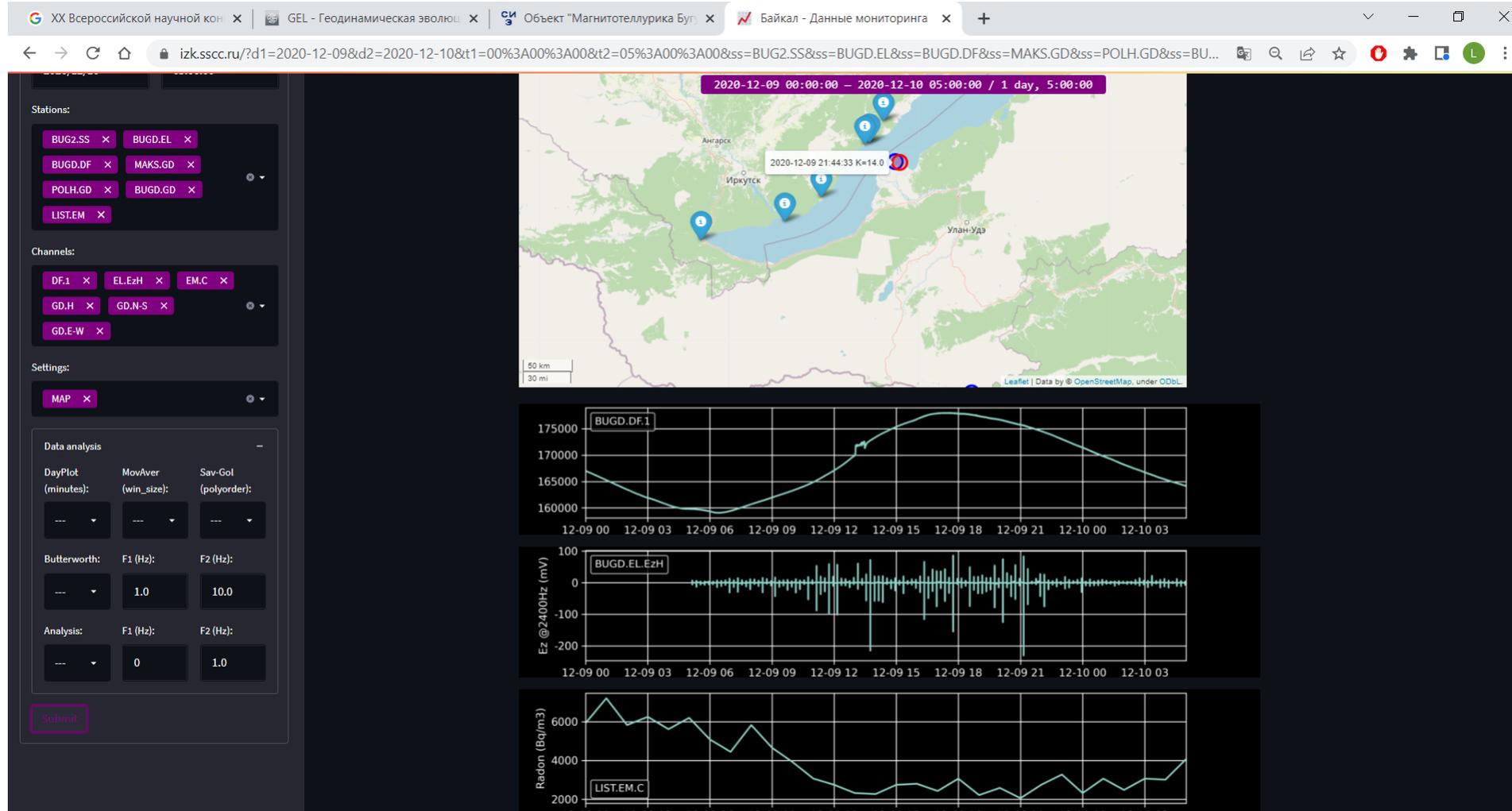
<b>Название</b>	Магнитотеллурикан Бугульдейка 12_12_20
<b>URL</b>	https://izk.sccc.ru/?d1=2020-12-09&d2=2020-12-10&t1=00%3A00%3A00&t2=05%3A00%3A00&ss=BUG2_SS&ss=BUGD_EL&ss=BUGD_DF&ss=MAKS_GD&ss=POLH_GD&ss=BUGD_GD&ss=LIST_EM&ch=DF.1&ch=EL.EzH&ch=EM.C&ch=GD.H&ch=GD.S&ch=GD.E-W&dp=---&ma=---&sg=---&ft=---&sp=---&f1=1.0&f2=10.0&fs1=0&fs2=1.0
<b>Дата</b>	12_12_20
<b>Характеристика</b>	высокоамплитудные разряды

Обратные связи объекта

- выявил сигнал с особенностью  
Комплексный геофизический мониторинг
- принимает сигнал  
Пункт комплексного геофизического мониторинга

[Полигон Бугульдейка](#)

© ИЭК 2022 | Ресурс разработан при финансовой поддержке КНП (проект № 075-15-2020-787)



Разработана цифровая инфраструктура - электронная онлайн-платформа, позволяющая осуществлять в реальном времени сбор, анализ и визуализацию на единой временной сетке долговременных рядов данных, полученных в ходе комплексного геофизического мониторинга. ЦП является удобным инструментом комплексных геофизических исследований, что подтверждено полученными результатами эксплуатации.

Интерфейс семантической подсистемы обеспечивает содержательный доступ к информационным ресурсам. В подсистему будут интегрированы сервисы логического вывода, позволяющих на основе экспертных правил извлекать из онтологии знания, не представленные явно. Подсистема может рассматриваться как интеллектуальный ассистент, повышающий эффективность взаимодействия пользователя с ЦП. Дальнейшее развитие ЦП авторы связывают не только с развитием алгоритмических методов обработки многомерных рядов, но и с формализацией экспертных правил и машинным обучением, что позволит автоматизировать поиск трендов и корреляции аномалий параметров полей различной физической природы.



**Брагинская Людмила  
Петровна,  
Григорюк Андрей Павлович,  
Ковалевский Валерий  
Викторович,  
Семинский Игорь  
Константинович**

**Контакты:**

[ludmila@opg.sccc.ru](mailto:ludmila@opg.sccc.ru)

+ 7 913-894-47-91

Авторы благодарны руководителям и участникам проекта чл.-корр. Д.П. Гладкочубу, д.г.-м.н. К.Ж. Семинскому, к.г.-м.н. С.А. Борнякову, к.ф.-м.н. А.А. Добрыниной, к.г.-м.н. В.А. Санькову, д.г.-м.н. А.В. Поспееву, к.г.-м.н. А.А. Боброву и другим специалистам, обеспечившим проведение геофизического мониторинга в Прибайкалье, а также полезные советы, высказанные при создании цифровой платформы

**Благодарим за внимание!**