

**Сейсмологический филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра
«Единая геофизическая служба Российской академии наук»**

ОТЧЕТ О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ ЗА 2018 ГОД

**Директор
д.г.-м.н. В.С. Селезнев**
Проспект Ак. Коптюга, 3, 630090, г. Новосибирск, Россия

Тел. +7 (383) 3332021; Факс +7 (383) 3333228
www.sefgsr.ru sel@gs.nsc.ru

Часть I, тема:

**ОПАСНЫЕ ПРОЦЕССЫ ПРИ ТЕХНОГЕННОМ
ВОЗДЕЙСТВИИ НА ЗЕМНУЮ КОРУ**

(промежуточный, этап 2 за 2018 г.)

Номер проекта : 0152-2018-0025

План научно-исследовательской работы
Сибирского отделения Федерального государственного бюджетного
учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Единая Геофизическая служба Российской академии наук»
на 2018-2020 годы

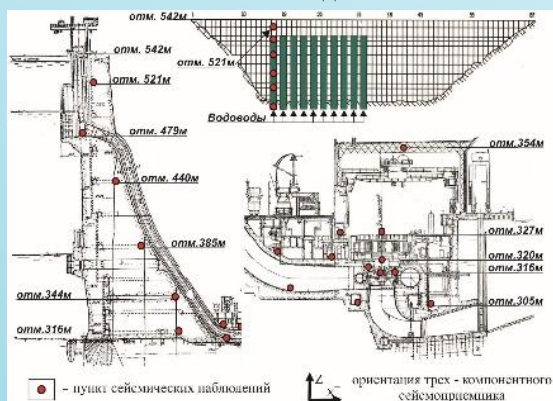
1. Наименование государственной работы – Выполнение фундаментальных научных исследований

2. Характеристика работы

Пункт программы ФНИ государственных академий наук на 2013-2020 годы и наименование направления исследований	Содержание работы	Объём финансирования, тыс. руб.			Планируемый результат выполнения работы, подразделение научного учреждения РАН и руководитель работы
		2018г	2019г	2020г	
136. Катастрофические эндогенные и экзогенные процессы, включая экстремальные изменения космической погоды: проблемы прогноза и снижения уровня негативных последствий. "Опасные процессы при техногенном воздействии на земную кору" (№ 0152-2016-0001) «Негативные явления при взаимодействии техногенных	2018г. 1. Развитие способов мониторинга технического состояния плотин крупных гидроэлектростанций на основе совместного анализа изменений собственных частот и влияющих на них факторов. 2. Мониторинг техногенной сейсмичности. 3. Разработка методики паспортизации зданий и сооружений на сейсмостойчивость (на примере г. Улан-Удэ, г.Иркутска, г. Улан-Батора). 2019г. 1. Выявление взаимосвязей между нештатными режимами излучения колебаний оборудованием и аварийной ситуацией. 2. Мониторинг техногенной сейсмичности. 3. Актуализация региональной программы по сейсмобезопасности территории Республики Бурятия. 2020г. 1. Выявление взаимосвязей между нештатными режимами излучения	18 369.91	18 290.20	18 290.20	Алтае-Саянский филиал, Сейсмологический филиал, Бурятский филиал ФИЦ ЕГС РАН. 2018г. 1. Определение с использованием архивных записей станций локальной сейсмологической сети Саяно-Шушенской ГЭС долговременных (более 15 лет) изменений собственных частот плотин. 2. Выявленные факторы, влияющие на изменение собственных частот плотин Саяно-Шушенской ГЭС (наполнение водохранилища, напряженно-деформированное состояние, температурный режим и т.п.). 3. Способ мониторинга технического состояния плотин, основанный на изучении изменений собственных частот и учитывающий влияние на них внешних факторов. 4. Изученные закономерности эволюции сейсмической активизации около разреза "Бачатский" и сопоставления с техногенным воздействием на земную кору при интенсивной добыче угля
процессов с геологической средой» (№ 0152-2019-)	колебаний оборудованием и аварийной ситуацией. 2. Разработка способов мониторинга целостности конструкций сооружений и их оснований на крупных промышленных объектах. 3. Развитие системы мониторинга для изучения техногенной сейсмичности в районе крупных разрезов и шахт. 4. Сравнительный анализ эффективности метода стоячих волн при обследовании малозэтажных сооружений и крупных сложно построенных зданий.				открытым способом. 5.Методика паспортизации зданий и сооружений. 2019г. 1.Способы выявления опасных ситуаций, способных вызвать аварию на гидроэлектростанциях, основанные на выделении аномалий в поле регистрируемых сейсмических колебаний. 2. Анализ данных системы мониторинга техногенной сейсмичности на основе локальной сети наблюдений в районе крупных разрезов. 3. Данные, характеризующие сейсмический риск отдельных сейсмоопасных территорий Республики Бурятия. 2020 г. 1. Способы выявления опасных ситуаций, способных вызвать аварию на крупных промышленных объектах, основанные на выделении аномалий в поле регистрируемых сейсмических колебаний. 2. Способы мониторинга целостности конструкций сооружений и их оснований по результатам анализа изменений параметров собственных колебаний плотин. 3. Пространственно-временной анализ техногенной сейсмичности в районах крупных разрезов и шахт по данным стационарной и временных сетей сейсмологических наблюдений. 4. Будут выполнены оценки эффективности изучения методом стоячих волн небольших малозэтажных и крупных сложно построенных зданий. Селезнев В.С.

Глава 1. Исследование влияния пульсаций давления жидкости в водопроводящих трактах Саяно-Шушенской ГЭС на динамические колебания элементов конструкции сооружения

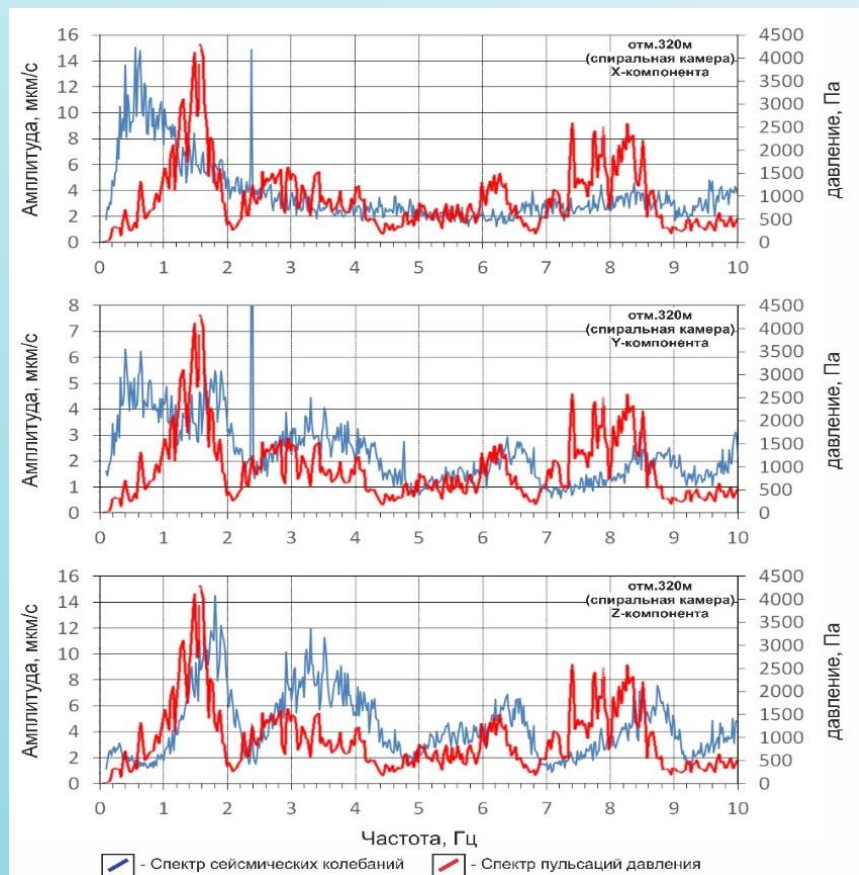
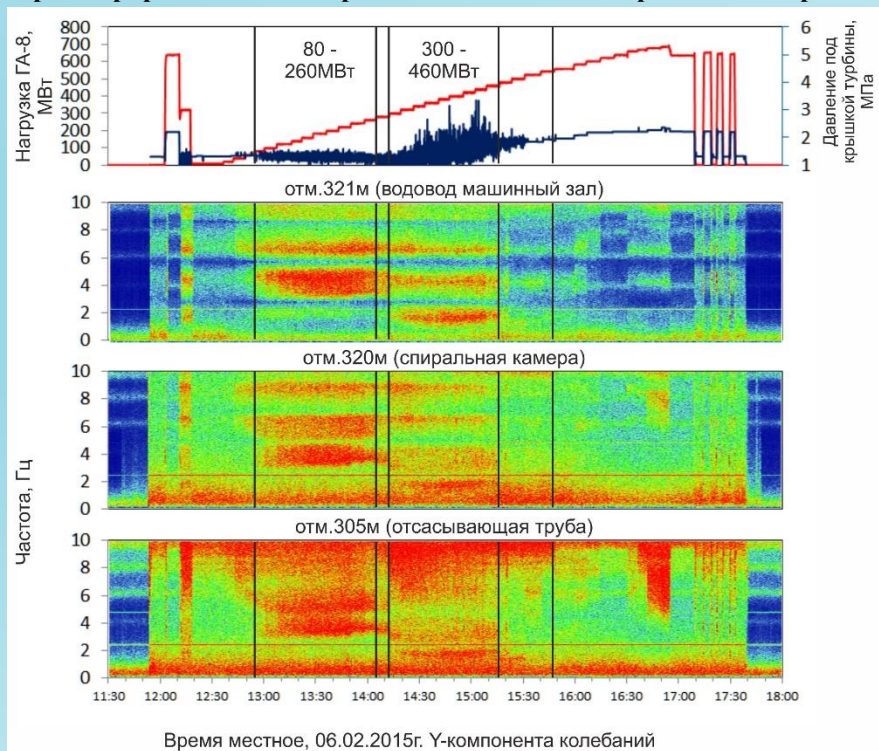
Схема наблюдений



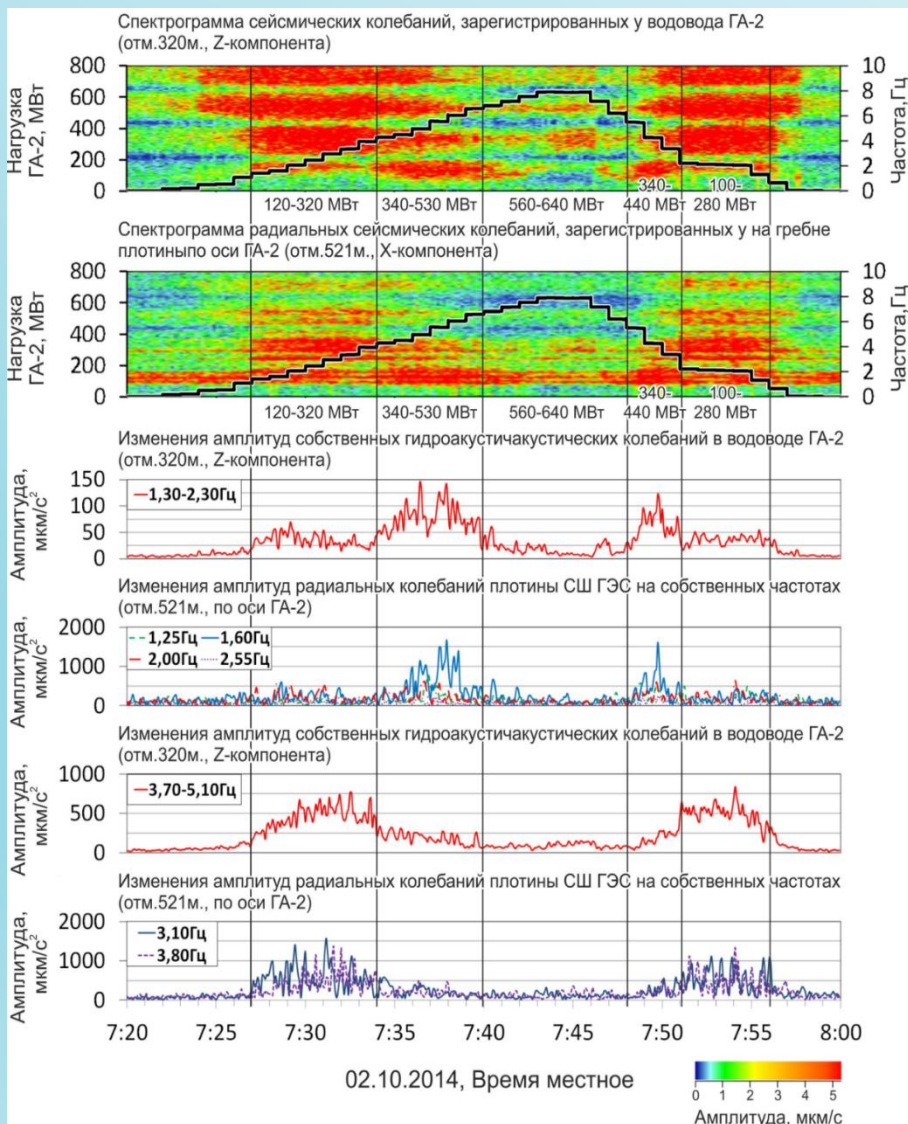
Анализ колебаний, зарегистрированных в результате сейсмомониторинга в различных точках вдоль напорного водовода и примыкающих к нему конструкций агрегатного блока гидроэлектростанции при различных режимах работы гидроагрегатов, позволил выделить в низкочастотной части спектров колебания, связанные с пульсациями давления жидкости в напорных водоводах и отсасывающих трубах. Также при исследовании определены нагрузки на гидроагрегате, при которых влияние данных пульсации давления приводит к значительному увеличению амплитуд наблюдаемых колебаний. При нагрузке гидроагрегата в 80-260 МВт наблюдается рост колебаний на частотах $\sim 3.5, 5.2, 6.2$ и 8.8 Гц; при нагрузке 300-460 МВт ~ 1.8 Гц, 3.3 Гц, 4.3 Гц, 6.5 Гц и 8.8 Гц.

Сопоставление спектров пульсаций давления в спиральной камере ГА7 и спектра колебаний, зарегистрированных над спиральной камерой ГА8, при работе гидроагрегатов с нагрузкой 440 МВт

Графики нагрузок 8-го гидроагрегата и давления под крышкой турбины, спектрограммы сейсмических записей радиальных колебаний, зарегистрированных возле разных элементов водопроводящего тракта

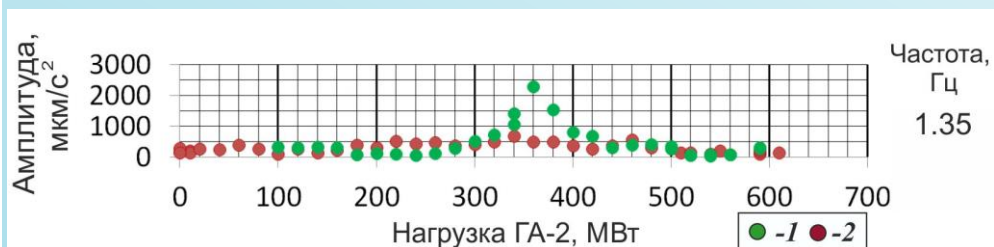


Результат регистрации сейсмических колебаний в точках наблюдения в плотине и у водовода Саяно-Шушенской ГЭС



Определено, что воздействие данных пульсаций является основным фактором, влияющим на возбуждение собственных колебаний плотины, причем наибольший рост значений коррелирует с неблагоприятными режимами нагрузок на гидроагрегате: 1-я гармоника пульсаций давления провоцирует рост первых 5-ти форм собственных колебаний тела плотины СШ ГЭС и принимает максимальные значения при нагрузках на гидроагрегате ~340-500 МВт. Рост 2-й гармоники приводит к увеличению 6-8 форм при нагрузках ~150-320 МВт.

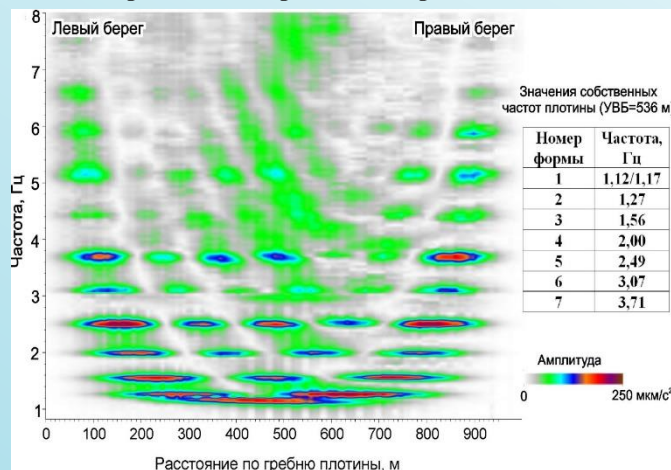
Графики изменения амплитуд колебаний на 2-й собственной частоте плотины, вызванных работой гидроагрегата №2, зарегистрированных вдоль оси гидроагрегата на отм. 521м, во время подачи воздуха в водовод (1) и без подачи (2). X-компонента (вдоль течения реки)



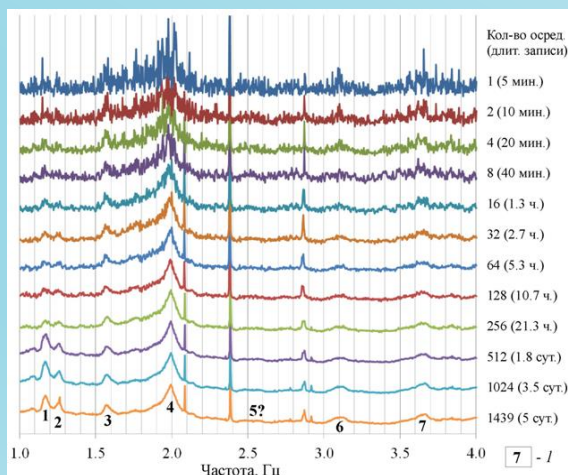
Анализ влияния уровня газонасыщения жидкости в водоводе на изменение амплитуд собственных колебаний плотины и пульсаций давления жидкости в водоводе, показал, что подача воздуха приводит к изменению скорости акустических волн в водоводе, что, в свою очередь, приводит к многократному увеличению значений амплитуд колебаний на собственных частотах плотины. Данный эффект наиболее ярко проявлялся при минимальном уровне наполнения водохранилища и нагрузке на гидроагрегате №2 300-400 МВт на собственной частоте колебаний плотины 1.35 Гц.

Глава 2. Мониторинг технического состояния плотины Саяно-Шушенской ГЭС по изменениям ее собственных частот

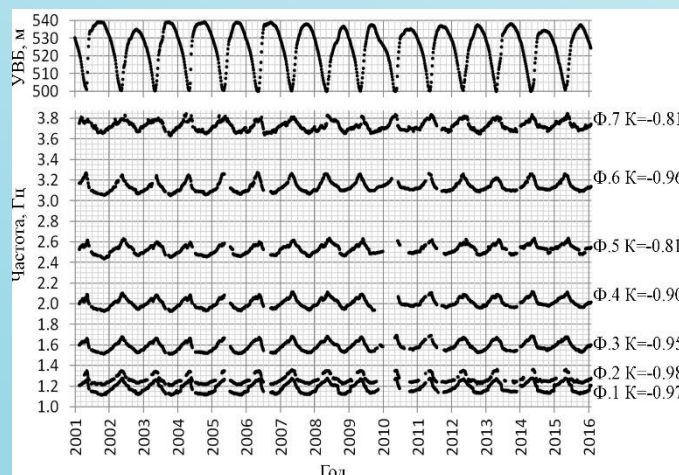
Положение Саяно-Шушенской ГЭС, сейсмостанции «Черемушки» и результаты обследования плотины методом стоячих волн: колебания гребня в поперечном направлении



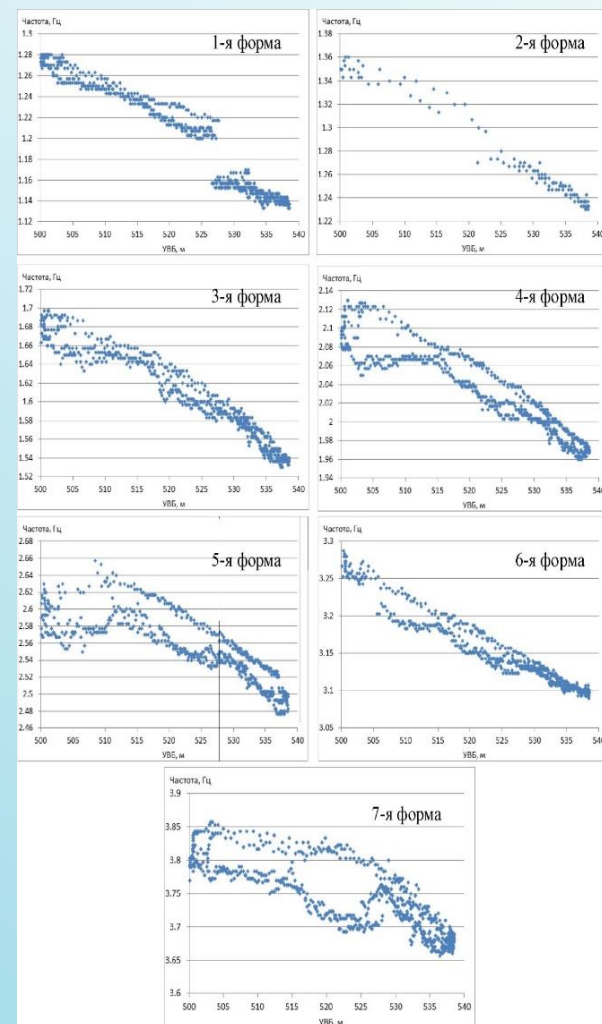
Усредненные амплитудные спектры от различной по длине сейсмической записи



Изменения уровня водохранилища и значений собственных частот плотины



Изменения значений частот с 1-й по 7-ю форм собственных колебаний плотины от уровня водохранилища за 2016-2017гг.

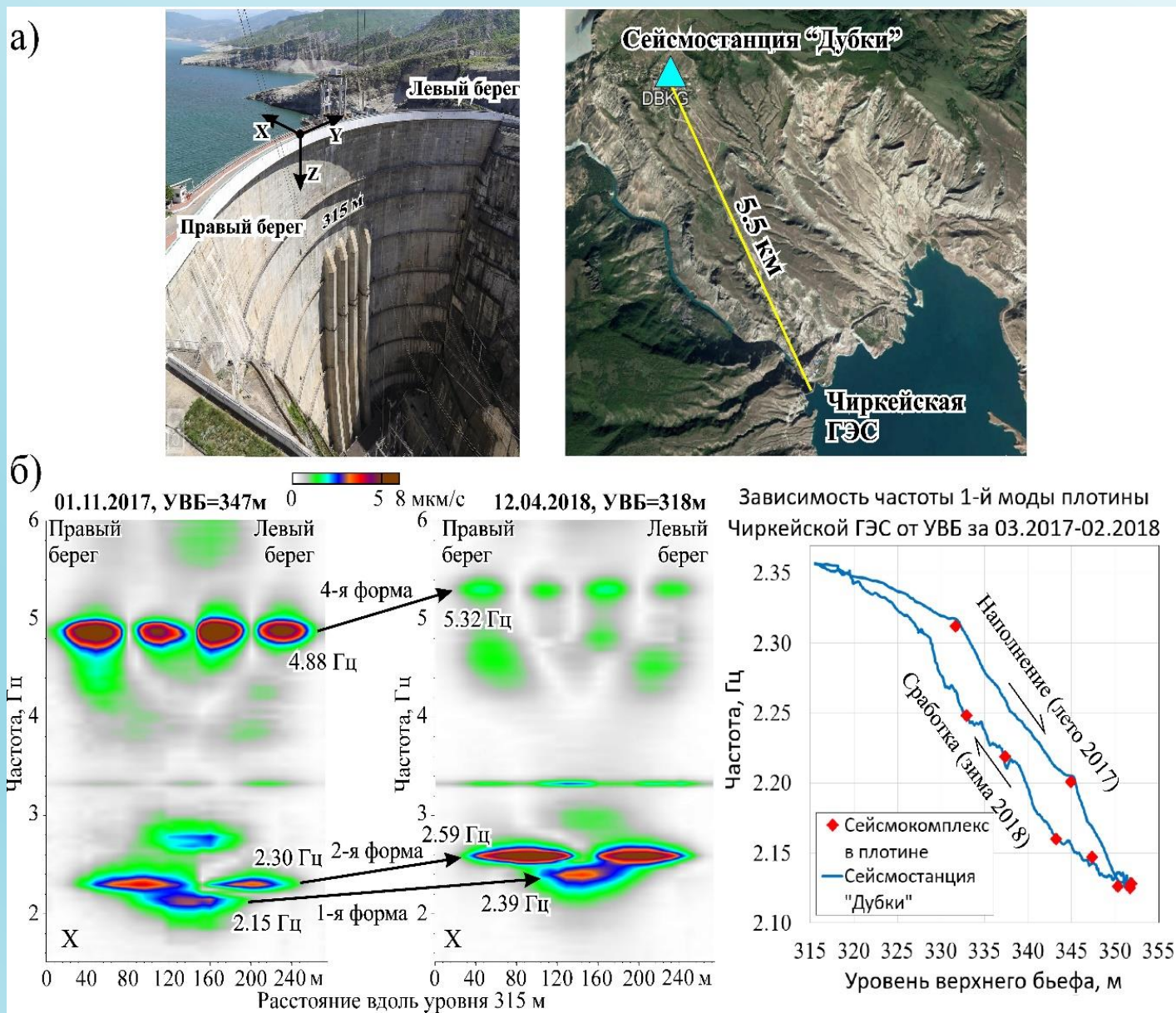


Полученный результат

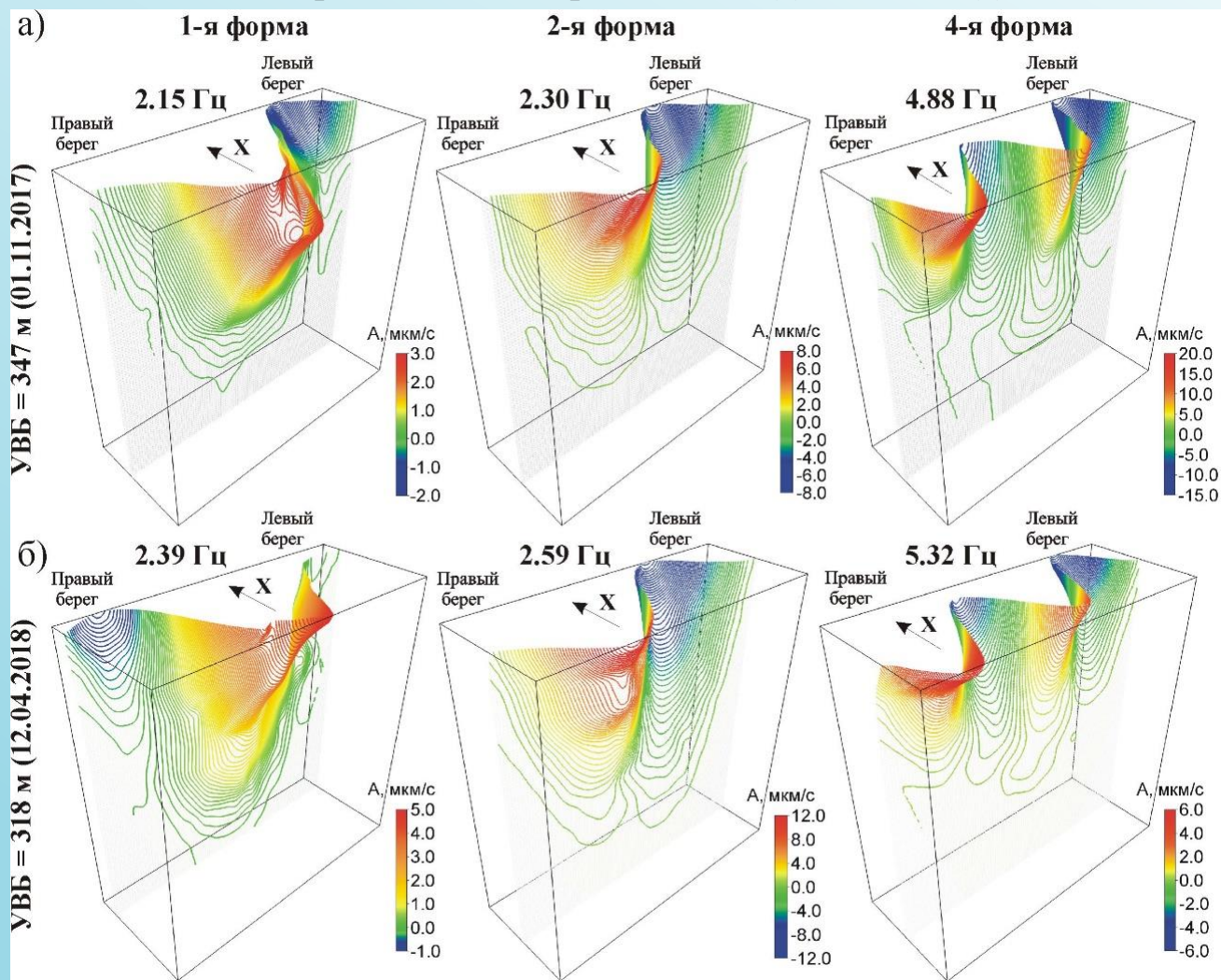
С использованием архивных записей станций локальной сейсмологической сети в районе Саяно-Шушенской ГЭС и разработанной ранее методики выделения из этих записей откликов от собственных колебаний плотины, построены ряды изменения собственных частот за период 2001-2017гг. По результатам мониторинга изменений собственных частот плотины Саяно-Шушенской ГЭС за последние 17 лет не выявлено аномалий, которые бы свидетельствовали об изменении технического состояния сооружения.

Глава 3. Сезонные изменения параметров собственных колебаний плотины Чиркейской ГЭС по данным метода стоячих волн

Плотина Чиркейской ГЭС со схемой ее размещения (а) и изменения параметров собственных колебаний по результатам обследования методом стоячих волн (б)



Схематичные изображения 1-й, 2-й и 4-й форм собственных радиальных колебаний плотины Чиркейской ГЭС при высоком (а) и низком (б) УВБ



Полученный результат

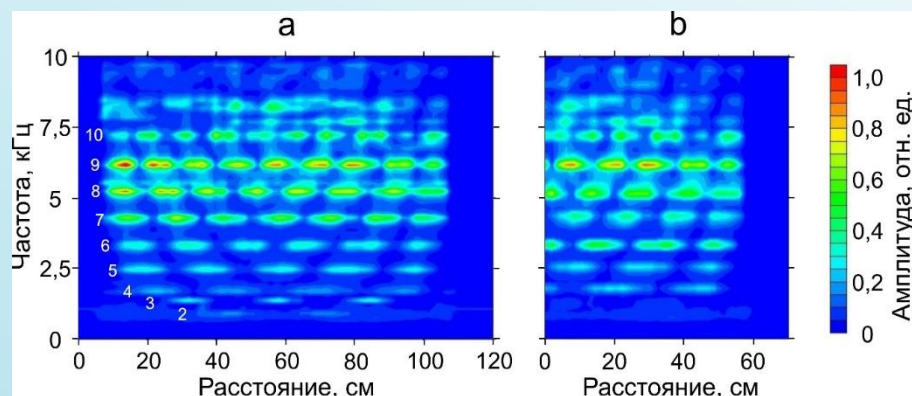
Впервые выполнены детальные исследования крупнейшей в России арочной плотины Чиркейской ГЭС методом когерентного восстановления полей стоячих волн. Экспериментальные работы проводились дважды при минимальном и максимальном уровнях водохранилища, что позволило не только определить собственные частоты и формы плотины, но и установить особенности сезонных изменений собственных колебаний при различных напряженно-деформированных состояниях сооружения. Полученные результаты будут использованы в дальнейшем как исходные данные для мониторинга технического состояния плотины.

Глава 5. Диагностика основания твердого дорожного покрытия по упругим стоячим волнам

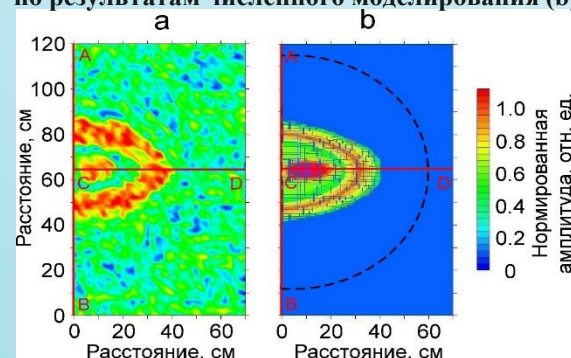
Схема участка проведения работ (а)
промоина под асфальтовым покрытием (б)



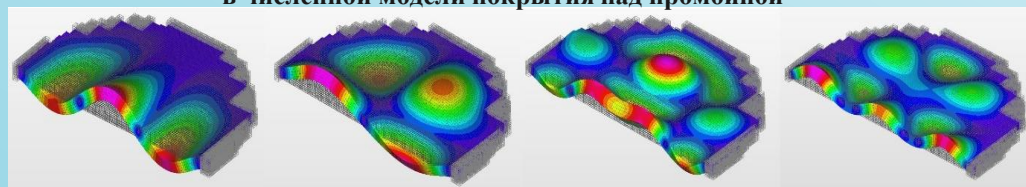
Низкочастотная часть осредненных амплитудных спектров,
цифрами отмечены условные номера мод изгибных стоячих волн



Распределение на площади наблюдений амплитуд 2-й моды с частотой
0,88 кГц по экспериментальным данным (а) и моды с частотой 0,89 кГц
по результатам численного моделирования (б)



Примеры расчета нескольких форм изгибных колебаний
в численной модели покрытия над промоиной

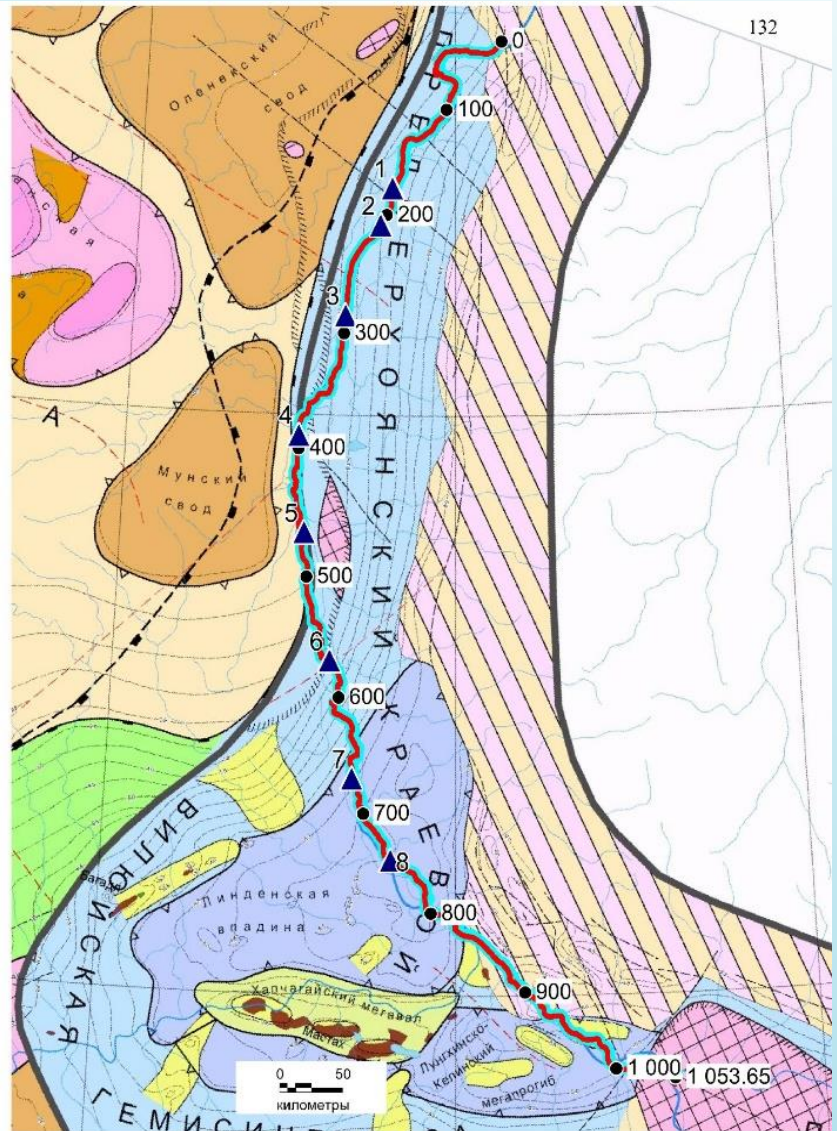
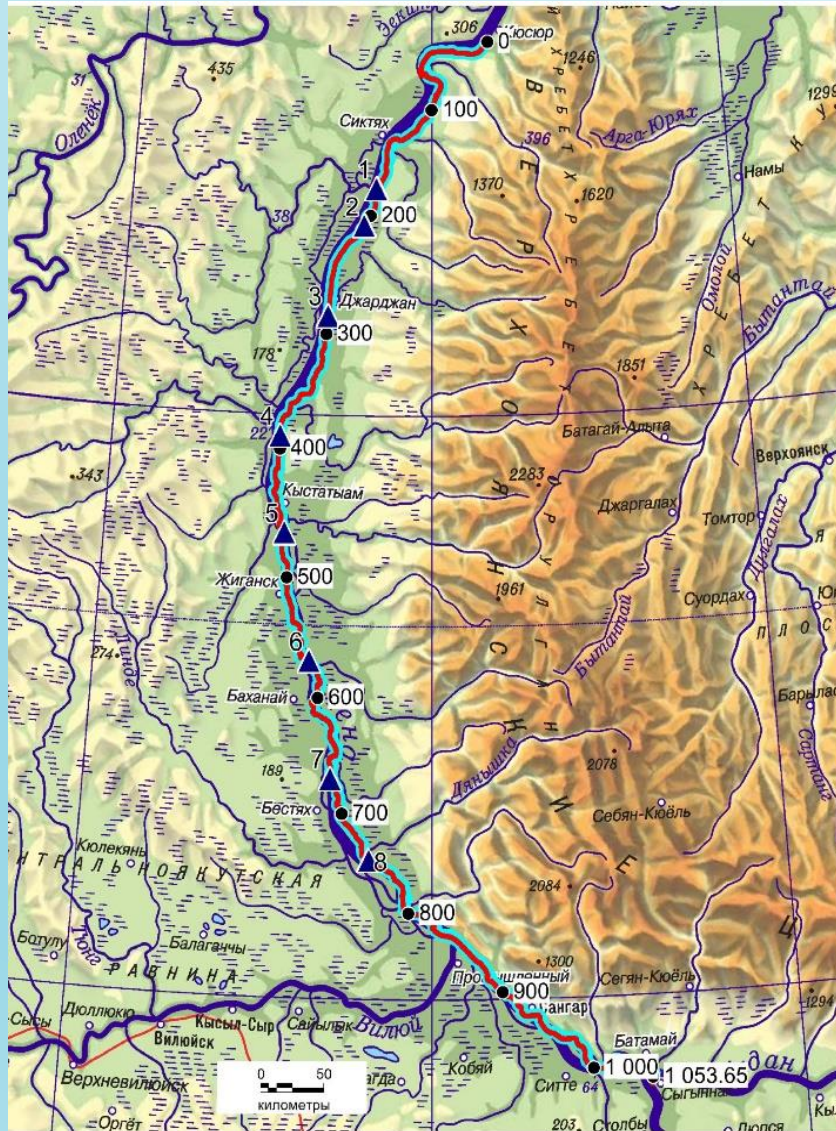


Полученный результат

Полученные экспериментальные результаты по диагностике основания твердого дорожного покрытия показали, что метод стоячих волн может с успехом применяться для обнаружения и оконтуривания пустот, а также для контроля толщины дорожного покрытия и оценки соотношения акустических жесткостей покрытия и нижележащего слоя.

Глава 6. Исследования сейсмичности и глубинного строения Центральной и Северной Якутии

Схема речного сейсморазведочного профиля на физической и тектонической топооснове



— линия пунктов приема

— линия источников

● 800 - отметки расстояния по профилю (км)

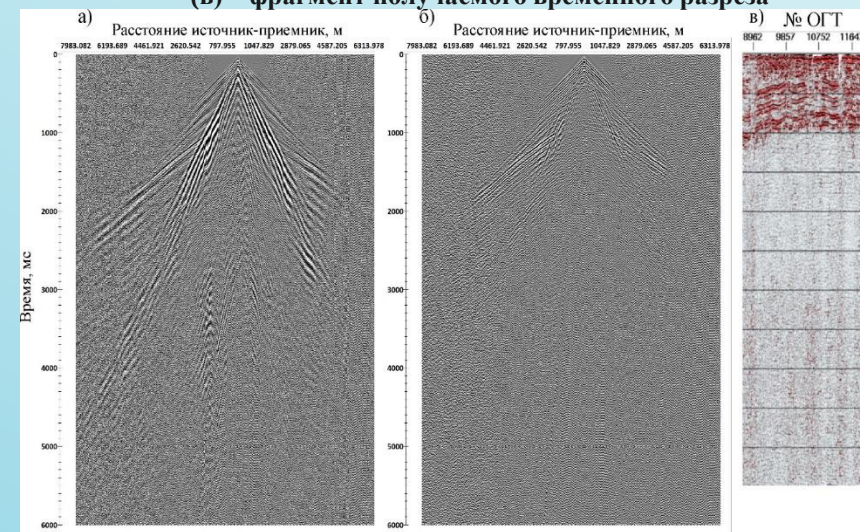
▲ - места установки трехкомпонентных регистраторов

Пример сейсмического материала, получаемого при сейсморазведке МОГТ-2D

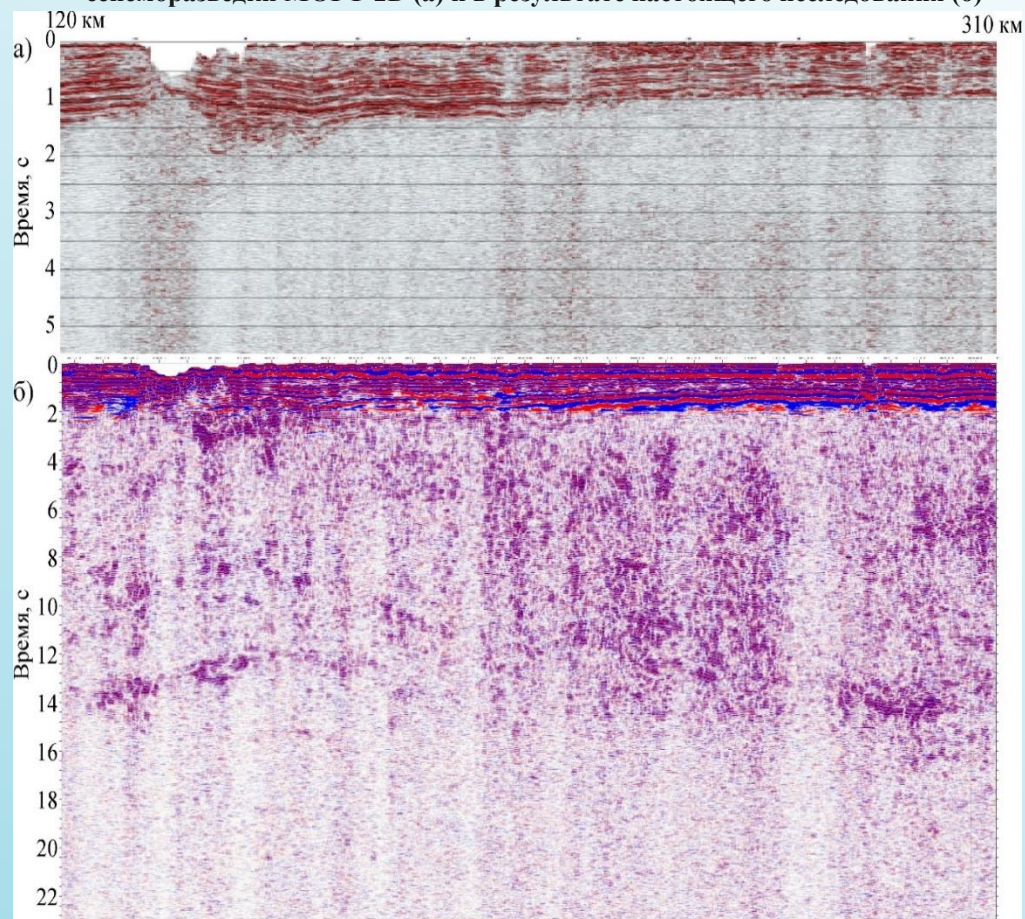
в соответствии с техническим заданием. (а) – исходная сейсмограмма;

(б) – после полосовой фильтрации 8-16-40-60 Гц;

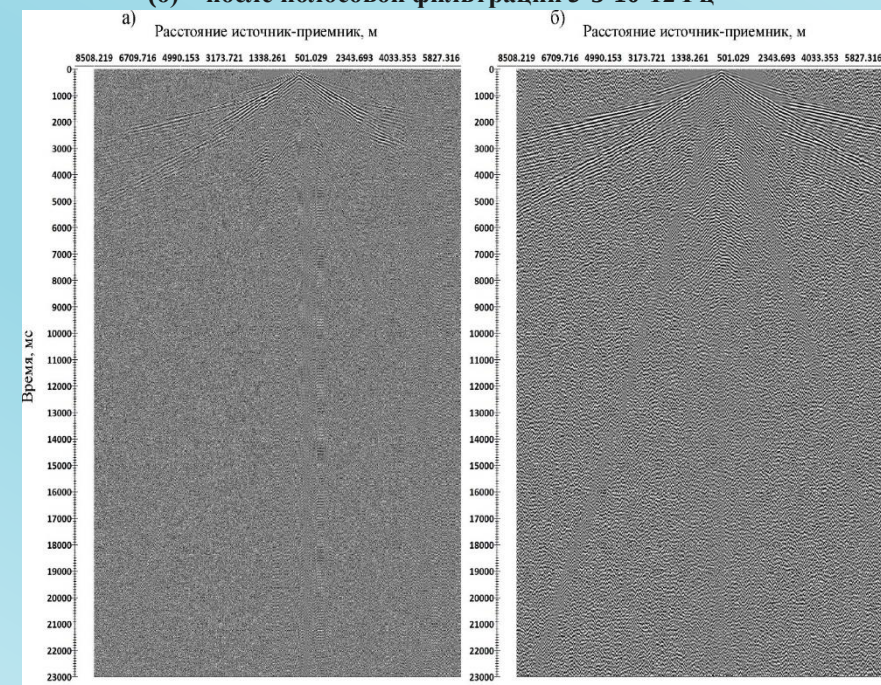
(в) – фрагмент получаемого временного разреза



Фрагмент временного разреза, полученного по стандартной методике речной сейсморазведки МОГТ-2D (а) и в результате настоящего исследования (б)



Пример сейсмического материала, полученного с целью изучения глубинного строения. (а) – исходная сейсмограмма; (б) – после полосовой фильтрации 3-5-10-12 Гц



Полученный результат

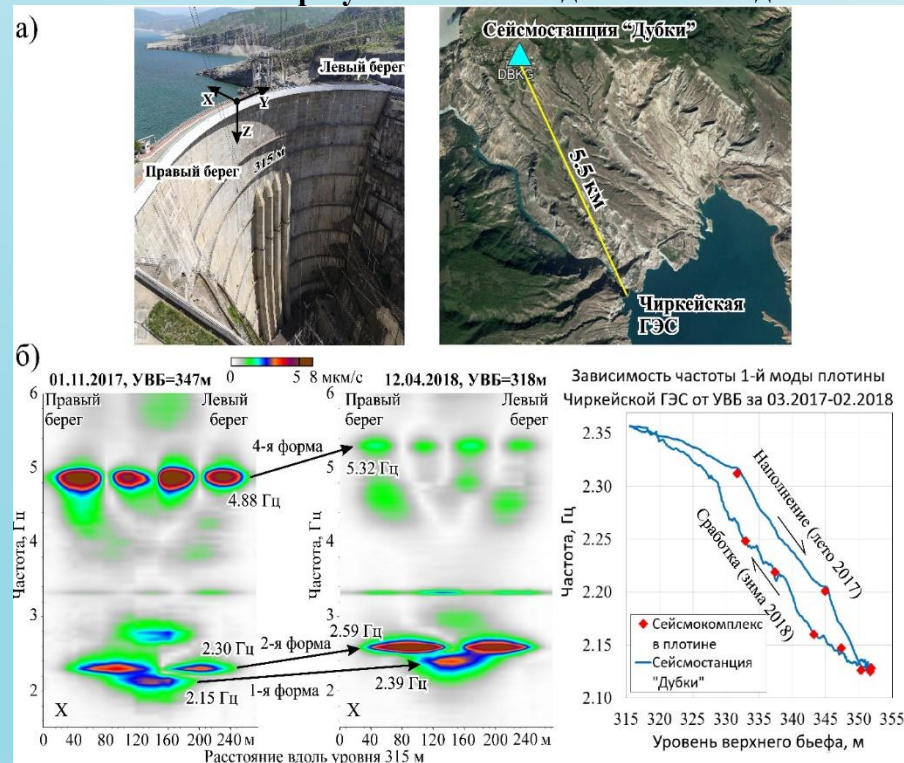
В результате проведения экспериментальных полевых работ вдоль русла р. Лена на профиле длиной 1050 км, получен значительный объем сейсмических данных: полевые сейсмограммы от пневмоисточников с увеличенной до 15-23 с длительностью записи; трехкомпонентные сейсмограммы; непрерывные трех- и однокомпонентные записи от местных землетрясений. Предварительно выполненная обработка дает основание полагать, что полученные материалы дадут новые данные о глубинном строении и сейсмичности малоизученного участка Северной и Центральной Якутии.

Важнейшие результаты СЕФ ФИЦ ЕГС РАН за 2018 год

по проекту №0152-2018-0025 «Опасные процессы при техногенном воздействии на земную кору» Развитие способов мониторинга технического состояния плотин крупных гидроэлектростанций

Впервые выполнены детальные исследования крупнейшей в России арочной плотины Чиркейской ГЭС методом когерентного восстановления полей стоячих волн. Экспериментальные работы проводились дважды при минимальном и максимальном уровнях водохранилища, что позволило не только определить собственные частоты и формы плотины, но и установить особенности изменений собственных колебаний при различных напряженно-деформированных состояниях сооружения. Установлено, что в целом значения частот 1-й, 2-й и 4-й форм колебаний уменьшаются с ростом уровня водохранилища. При этом, графики «уровень верхнего бьефа–собственные частоты» отличаются в зависимости от направления изменений режима (сработки или наполнения) водохранилища, образуя петлю гистерезиса, подобную выявленной для плотины Саяно-Шушенской ГЭС. Результаты исследования будут использоваться как базовые данные для непрерывного мониторинга технического состояния плотины Чиркейской ГЭС, возраст которой с момента строительства составляет более 50 лет и есть вероятность появления эффектов, связанных со старением строительных материалов.

Плотина Чиркейской ГЭС со схемой ее размещения (а) и изменения параметров собственных колебаний по результатам обследования методом стоячих волн (б)



Лисейкин А.В., Селезнев В.С., Адилов З.А. Собственные частоты и формы колебаний арочной плотины Чиркейской ГЭС по данным метода стоячих волн // Гидротехническое строительство. 2018. №11. С. 128-133.

Часть II, тема:

**Эволюция сейсмотектонических процессов в Сибири
по данным мониторинга землетрясений**

Номер проекта : 0152-2016-0002

Основные направления деятельности в части электромагнитных исследований:

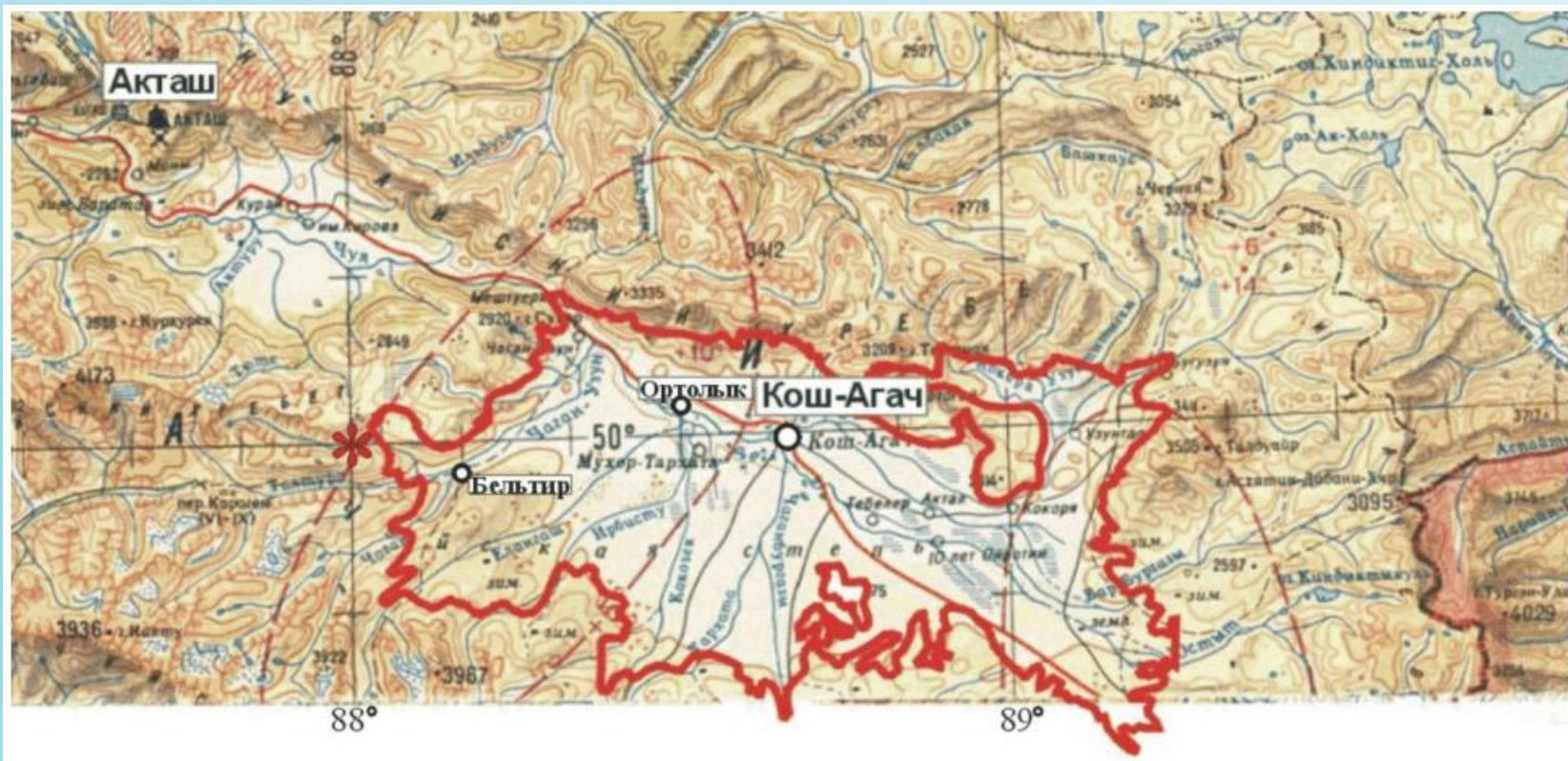
1. Мониторинговые исследования:

активный электромагнитный мониторинг сейсмоактивных регионов.

2. Решении инженерно-геологических, экологических и прогнозных научных задач:

изучение экзогенных физико-геологических явлений.

Районы работ 2018 года: Чуйская и Курайская впадины



Техническое оснащение электроразведочных работ

Многоканальная телеметрическая система, предназначена для организации, как профильной, так и площадной систем регистрации высокой плотности.



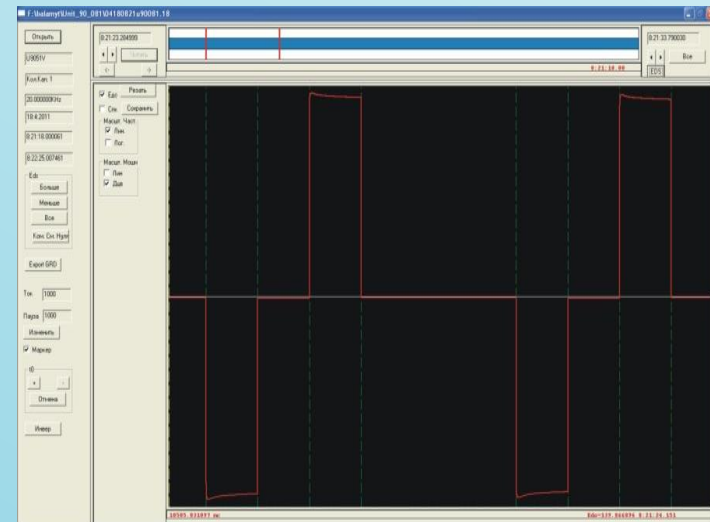
Модули электроразведочной станции
«Байкал МЭРС Т»



модульная приемная установка,
эквивалент $(11,08 \div 156,77)$ м



Генератор токовых импульсов с
амплитудой тока до 200 А.



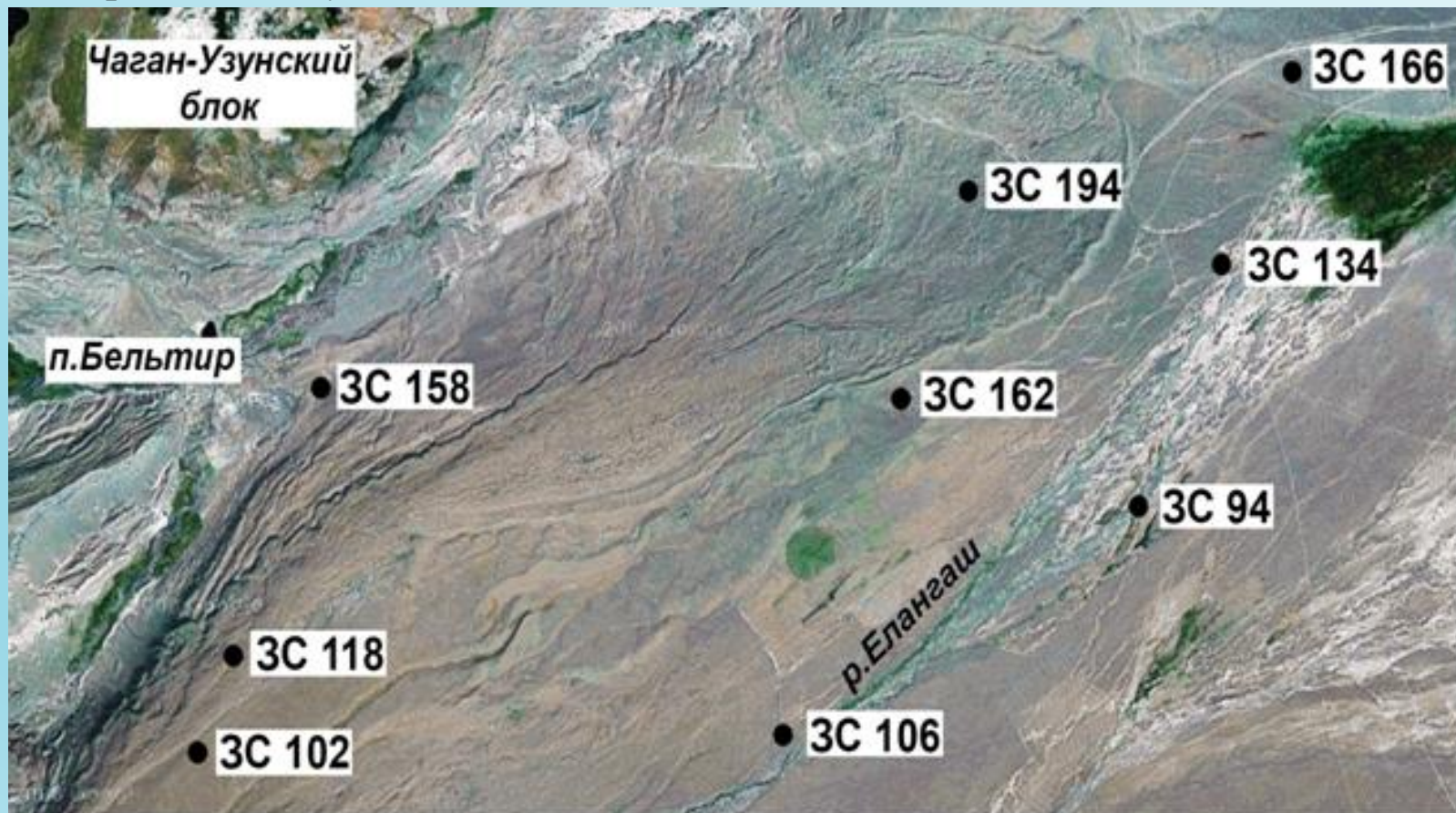
Цифровая запись формы
токовых импульсов

Объем выполненных работ, активный электромагнитный мониторинг сейсмоактивных регионов:

1. Режимные измерения ЗС. Чуйская впадина.

Ряды электроразведочных измерений методом зондирования становлением электромагнитного поля (ЗС) в режимных пунктах в эпицентральной области Чуйского землетрясения 2003 года для описания процессов консолидации геологического массива

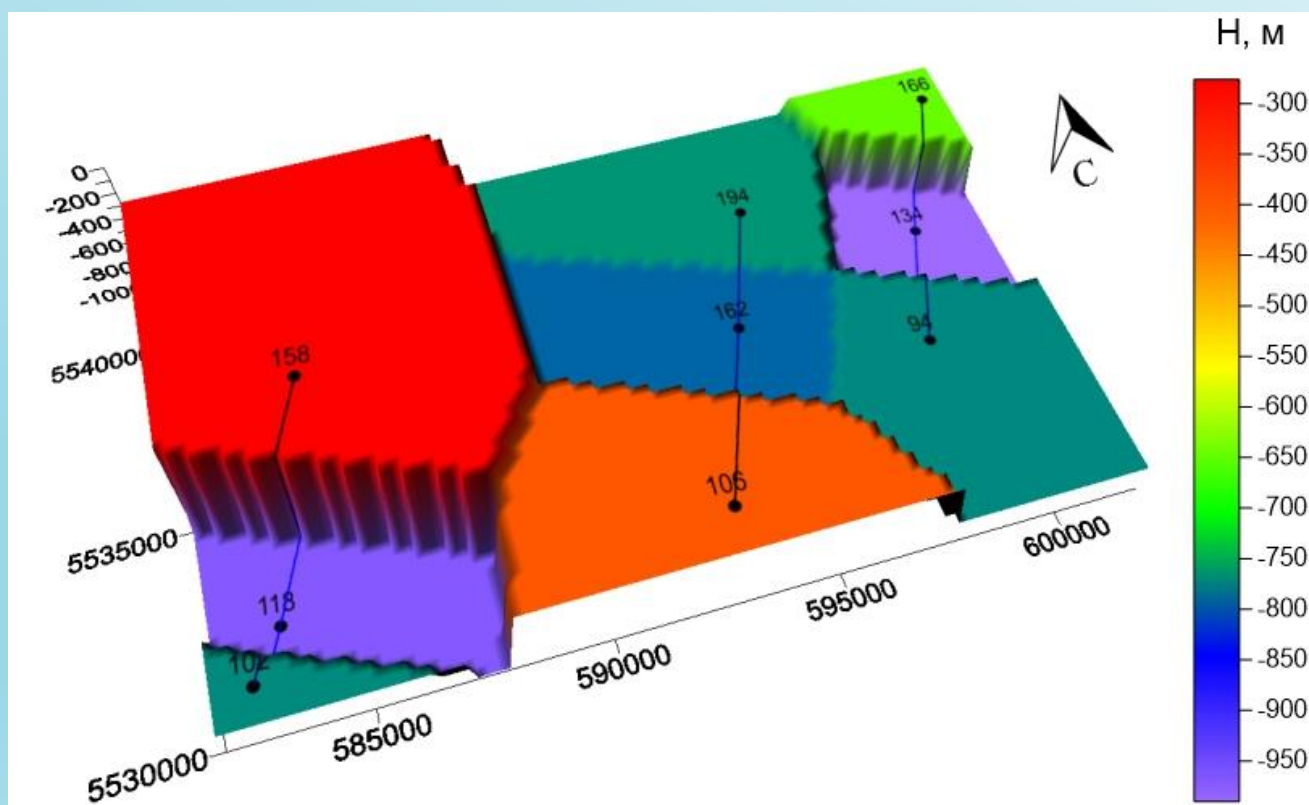
Девять режимных пунктов.



● 3C 102 - Генераторная петля 500x500 м., приемная петля 200x200 м.

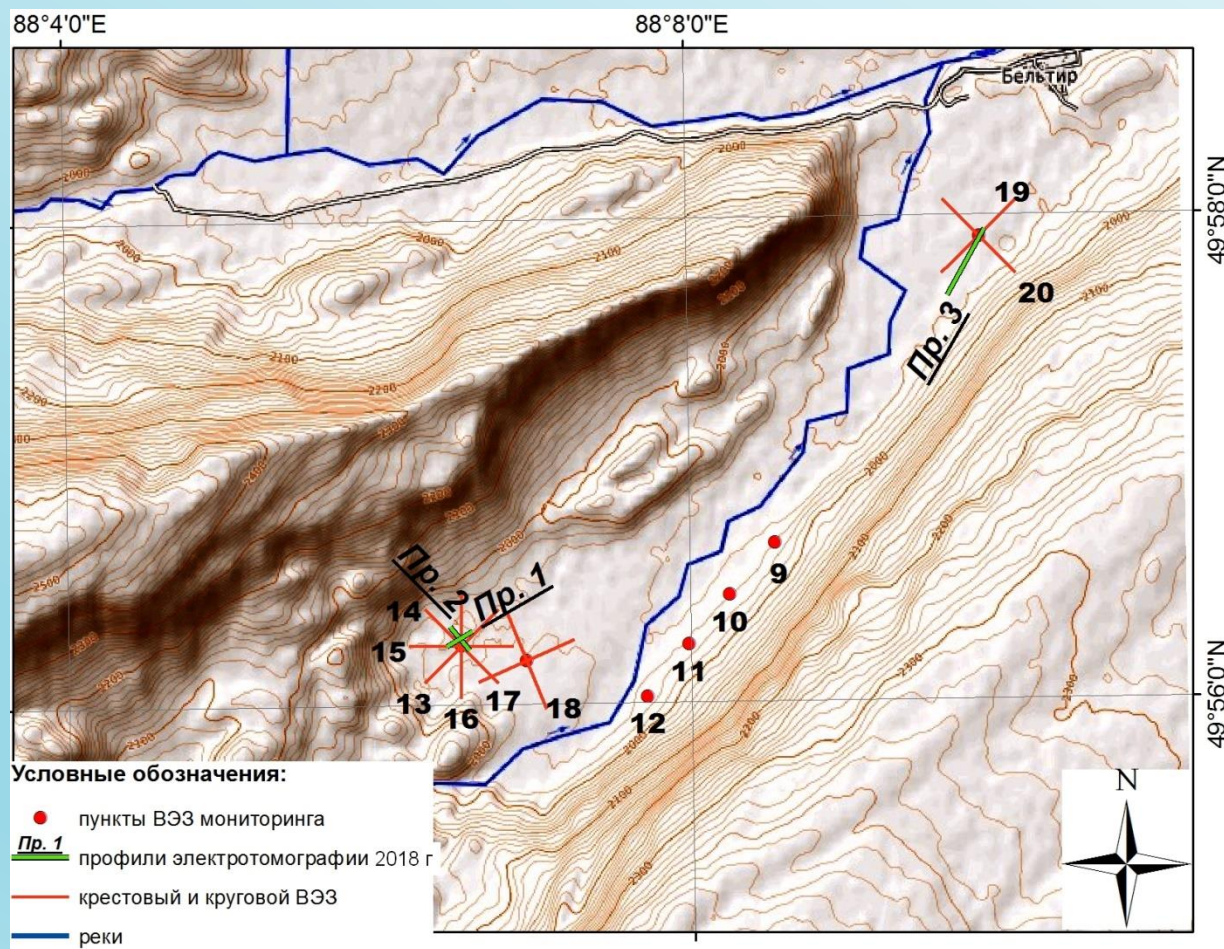
Режимные наблюдения. Блочная структура фундамента.

Используя расчетные данные глубинного геоэлектрического разреза, полученные в полевой период 2018 г построена трехмерная блочная модель фундамента района размещения пунктов мониторинга:



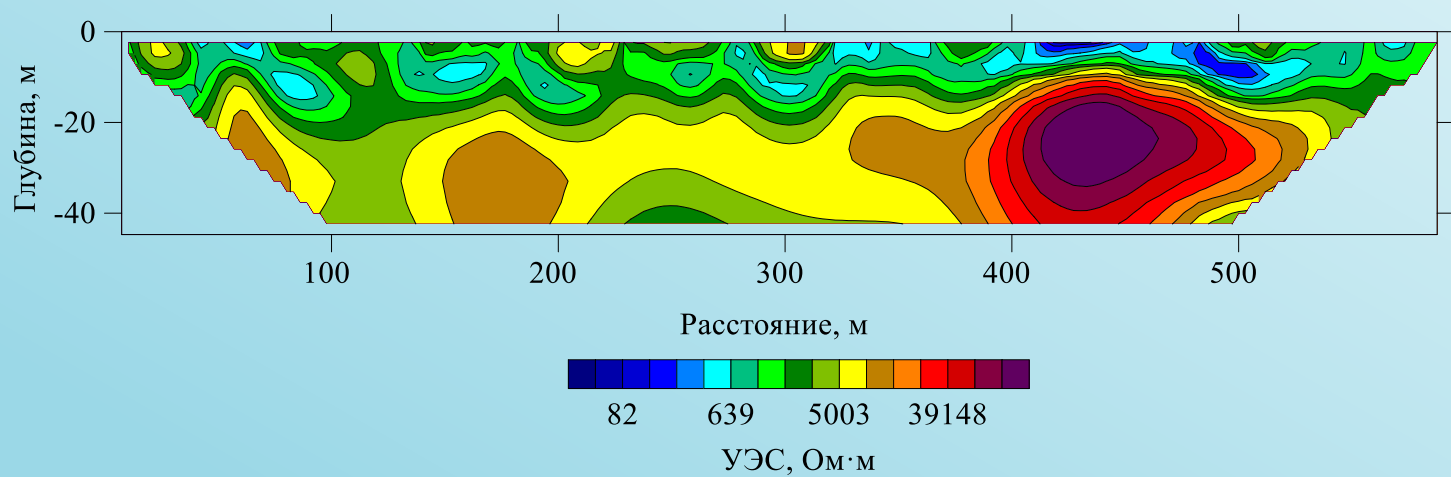
2. Полевые исследования методами ВЭЗ и электротомографии в долине р. Чаган (западная часть Чуйской впадины)

В 2018 году были проведены измерения методами вертикальных электрических зондирований (ВЭЗ) и электротомографии в районе западной части Чуйской впадины – долина р. Чаган.



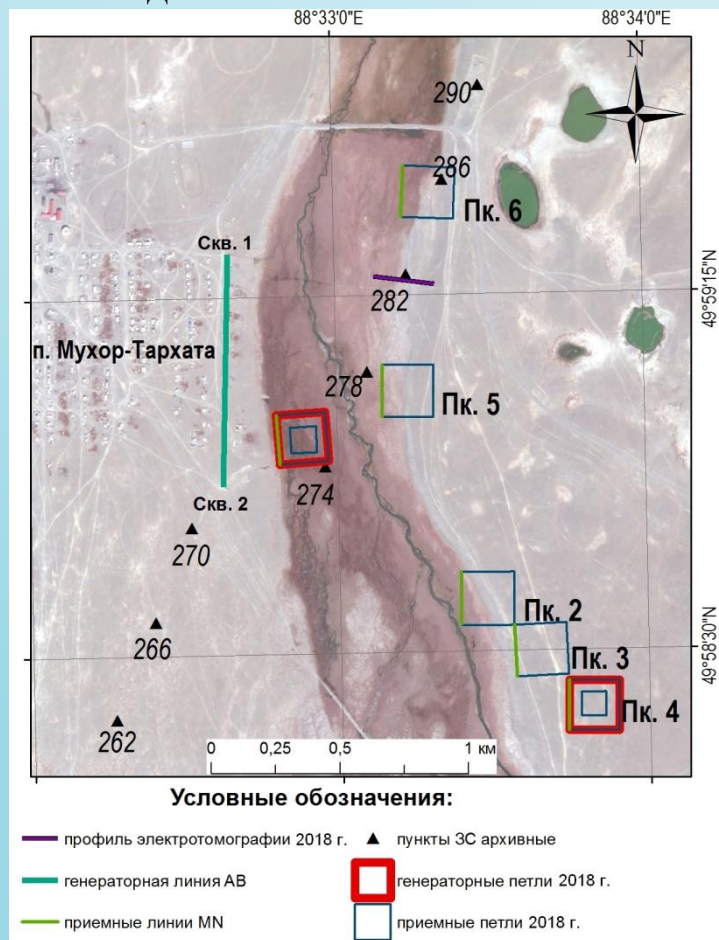
**В 2018 году в долине р. Чаган было выполнено 3 профиля
электротомографии для определения разломных зон.**

Пример полученного разреза:

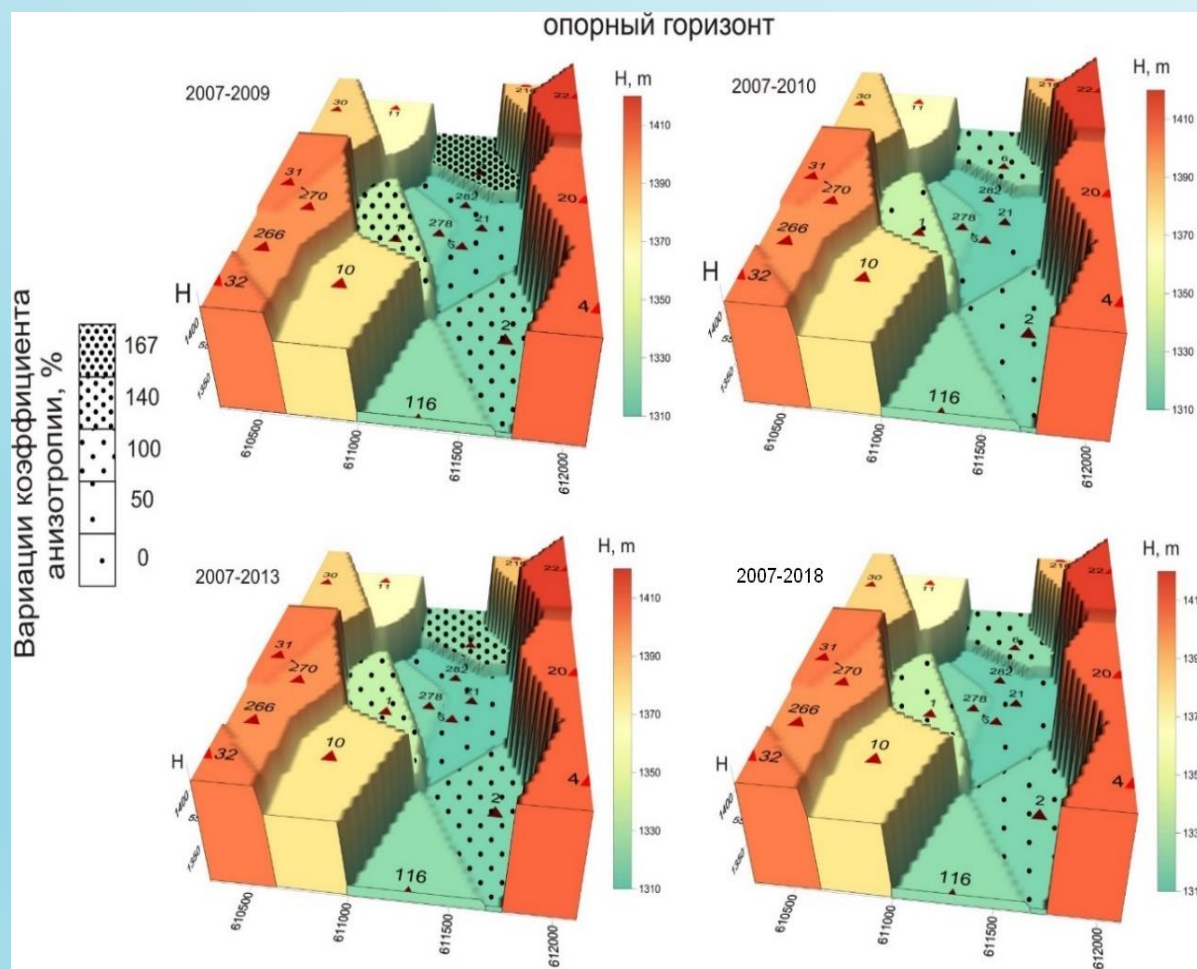


3. Площадные электроразведочные измерения в пунктах мониторинга комплексом модификаций метода ЗС (Q-q, АВ-q, АВ-MN) на полигоне в восточной части пос. Мухор-Тархата (Чуйская впадина) для трехмерного моделирования

Для выявления вариаций коэффициента электрической анизотропии были выполнены ежегодные многоразностные измерения методом зондирования становлением электромагнитного поля в центральной части Чуйской впадины.

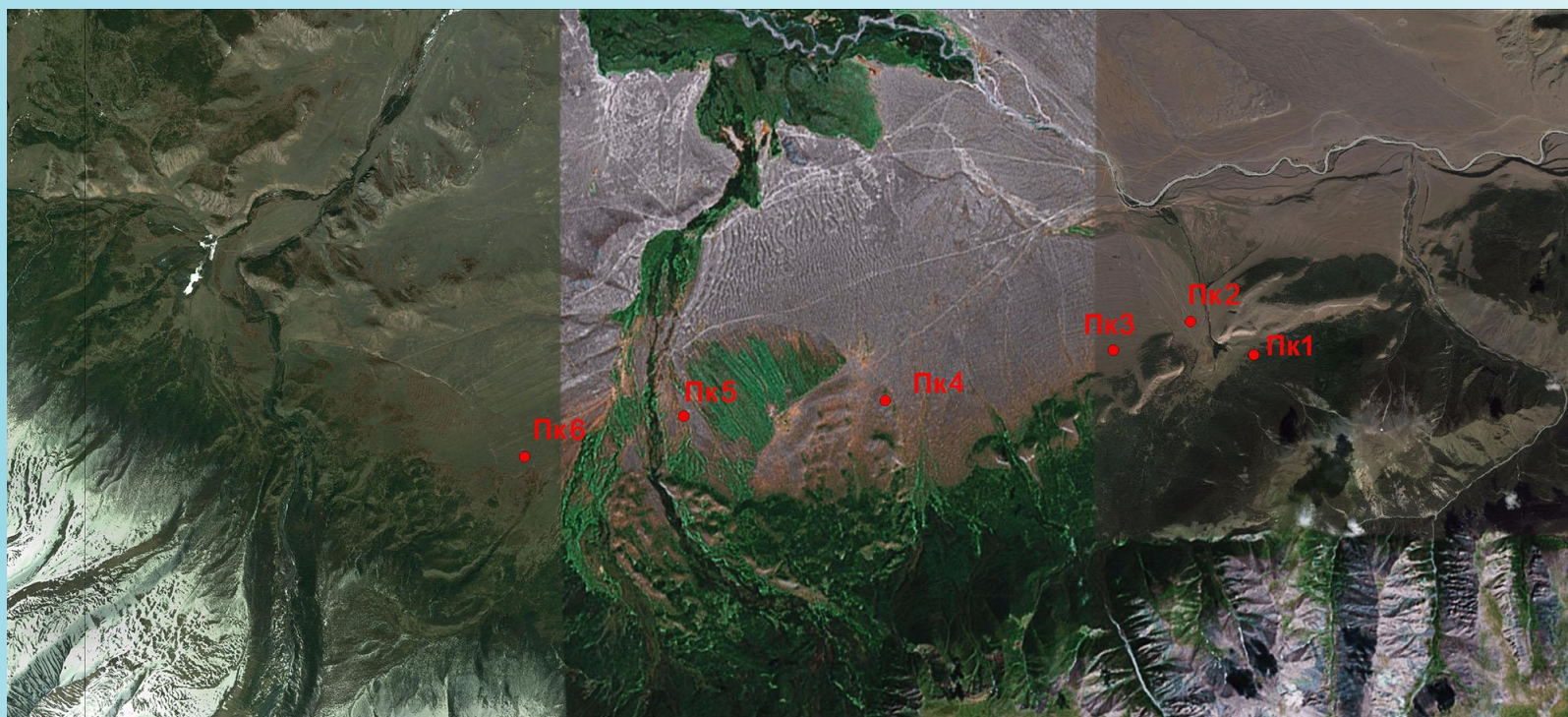


По данным площадной съемки ЗС на участке Мухор-Тархата выполненной в 2018 г. и архивных материалов предыдущих работ, построены блоковые 3D модели кровли фундамента (опорного горизонта), в пределах выделенных блоков нанесена интенсивность вариаций коэффициента электрической анизотропии в процентах, для периодов максимальной сейсмической активности (2009 г., 2013 г.) и относительного сейсмического затишья (2014 г., 2018 г.) Видно, что под воздействием сейсмических событий активизируются разные блоки разломной зоны.

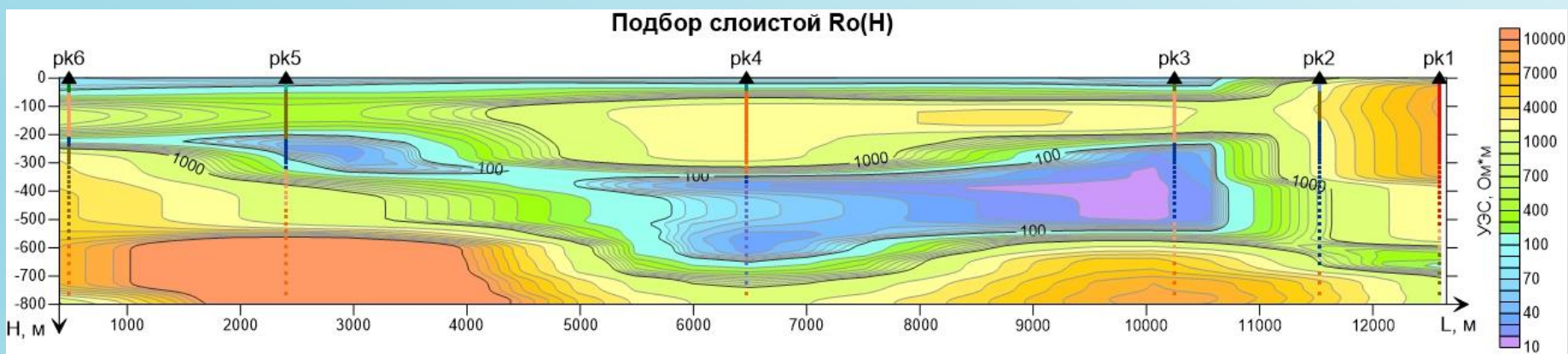


4. Уточнение геоэлектрического строения структур южного борта Курайской впадины

В 2018 г. выполнены измерения индукционными «соосными» установками ЗС (18 физ. наблюдений). Необходимость измерений ЗС в южной части Курайской впадины в 2018 году обусловлена необходимостью получения дополнительных данных о глубинах до опорного горизонта на участке вблизи горного обрамления. Размеры генераторной петли составляют 500х500 м. В качестве приемной конструкции использована модульная многовитковая рамка (эквивалент петли 100х100 м). Линия наблюдений представлена ниже.



По результатам интерпретации с использованием горизонтально-слоистой модели построен геоэлектрический разрез осадочного чехла и кровли фундамента:



Заключение

По результатам исследований выполненных в Чуйской, Курайской сейсмоактивной зоне получено, что электромагнитные методы высокочувствительны к изменению напряженного состояния геологического массива горных пород, подвергнутого сейсмическому воздействию. Получены количественные оценки вариаций геоэлектрических параметров разреза. Анализ полевых данных электрических и электромагнитных зондирований, полученных на различных участках эпицентральной зоны, показал, что параметр удельное электрическое сопротивление характеризует состояние геологической среды, изменение этого состояния, и может быть использован при проведении электромагнитного мониторинга в сейсмоактивных районах.

Для решения поставленных задач в районе Мухор-Тархата проведены режимные измерения, методом ЗС тремя генераторно-приёмными установками (Q, q, АВ-q, АВ-MN). С использованием современных аппаратурных разработок, методики измерения, программно-алгоритмических комплексов моделирования и инверсии «ЭРА», «EMS», «RUBAI» получены надёжные количественные оценки распределения УЭС для каждого слоя разреза

На основе геолого-геофизической интерпретации комплекса данных геоэлектрики построены геоэлектрические разрезы по профилям наблюдений 2018 года, которые отражают разломно-блоковую структуру Чуйской и Курайской впадин. Построена глубинная 3D модель фундамента, характеризующая основные структурные элементы депрессий, построены с использованием современных измерений ЗС. На разрезах отражены структуры пограничные с горным обрамлением, характеризующие этапы и кинематику формирования впадин.

Таким образом, на основе интерпретации данных геоэлектрики представлено глубинное строение основных структурных элементов Чуйской и Курайской впадин, показаны пограничные с горным обрамлением структуры.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!

