Тема: «Изучение глубинного строения Тянь-Шаня и окружающих областей по комплексу геофизических методов для выяснения взаимосвязи переноса вещества-энергии в земной коре и верхней мантии с пространственно-временным распределением сейсмичности»

Номер темы в Плане НИР НС РАН: 0155-2019-0001 Номер темы в ЕГИСУ НИОКТР: АААА-А19-119020190063-2

- **Построение комплексных геолого-геофизических моделей литосферы Тянь-Шаня на основе материалов магнитотеллурических зондирований с целью выяснения детального глубинного строения**

Определено геоэлектрическое строение зоны сочленения хребта Терскей-Алатоо и Кочкорской впадины по результатам интерпретации МТ-данных с использованием программы двумерной инверсии Rodi-Mackie. Получены количественные оценки глубины залегания фундамента, и геоэлектрические характеристики осадочных отложений. На геоэлектрических разрезах отражены как разломные структуры, так и пологие межпластовые детачменты и связанные с ними складчато-надвиговые структуры. При сопоставлении разрезов установлено отсутствие единых плоскостей простирания разломов вдоль всего борта впадины, за исключением зоны сочленения борта и впадины. Крутопадающие разломные структуры проявляются до глубин порядка 3-4 км и отображаются на геоэлектрических разрезах, вертикальными зонами электропроводимости. Аномалии высокой электропроводности геоэлектрических разрезов могут обусловлены зонами динамического влияния второстепенных разломов, областями повышенной трещиноватости и зонами катаклаза блочно дезинтегрированных массивов гранитов.

- **Выявление закономерностей взаимосвязи поведения вариаций электромагнитных параметров и напряженно-деформированного состояния земной коры сейсмоактивных регионов Тянь-Шаня**

Исследованы корреляционные связи между компонентами лунно-солнечных приливных воздействий и вариациями электромагнитных параметров для пунктов ГМТЗ Центрального Тянь-Шаня. Из анализа построенных функций взаимной корреляции следует, что причиной изменения параметров электромагнитного поля могут служить лунно-солнечные приливы.

Для пунктов режимного магнитотеллурического мониторинга построены и

проанализированы частотно-временные ряды кажущегося сопротивления. Установлено, что в подавляющем большинстве случаев, корреляционные зависимости более ярко проявляются в изменениях реальных и мнимых частей дополнительных импедансов, чем в основных. Фазы импеданса имеют взаимосвязь с распределением сейсмичности только в средней и нижней частях спектра частотно-временных рядов.

Проведен комплексный анализ экспериментальных данных, полученных на стационарных и режимных пунктах магнитотеллурического мониторинга на территории Бишкекского геодинамического полигона (Северный Тянь-Шань). Сделаны выводы о сложном характере взаимосвязи вариаций электромагнитных параметров, лунно-солнечных приливных воздействий и сейсмического режима с процессами трещинообразования.

По данным магнитотеллурического мониторинга и региональной сейсмологической сети KNET рассмотрен характер взаимосвязи вариаций кажущегося сопротивления и распределения сейсмических событий во времени и в пространстве. Дана оценка наибольшего влияния азимутов месторасположения роевых последовательностей (кластеров) землетрясений на изменение параметров геоэлектрического разреза. Предложен механизм формирования вариаций кажущегося сопротивления, связанный с изменением напряженно-деформированного состояния и степени тензочувствительности геосреды.

- **Оценки взаимосвязи динамики геофизических параметров с напряженно-деформированным состоянием исследуемых объектов геосреды**

Связанное с подготовкой и последующей реализацией сейсмических событий изменение напряженно-деформированного состояния земной коры на территории Бишкекского геодинамического полигона нашло свое отражение в вариациях кажущегося электросопротивления на стационарных и рядовых пунктах сети электромагнитного мониторинга (метод ЗСД). Аномальные изменения кажущегося сопротивления наблюдались на ранних временах становления поля (в верхних слоях геоэлектрического разреза) и представляли собой продолжительный по времени спад кривой зондирования практически на всех пунктах сети мониторинга. С большой долей вероятности можно утверждать, что аномальные изменения электросопротивления по всему интервалу глубин отражают этап подготовки серии сейсмических событий энергетических классов K>10, имевших место весной–летом 2020 г. вблизи пунктов сети режимных электромагнитных наблюдений.

- **Продолжение натурного эксперимента и пополнение базы данных временных рядов вариаций электромагнитных параметров по результатам магнитотеллурических наблюдений за период с 01.01.2020 г. по 31.12.2020 г.**

База данных дополнена новыми данными МТ-мониторинга со стационарных пунктов и результатами полевых магнитотеллурических наблюдений – профиля Кентор Центральный, Кентор Восточный –весенняя и осенняя сессии МТ-мониторинга, каждая длительностью 21 сутки; профиль Боом (9 пунктов зондирования); профиль Укок -2 (11) пунктов зондирования и режимный пункт Укок (время регистрации 500 часов).

- Подготовлен отчет о НИР
- Подготовлены публикации:

1. *Rybin A.K., Bataleva E.A., Nepeina K.S., Kaznacheev P.A., Matyukov V.E., Aleksandrov P.N.* Definition of the seismic field of the underground sources in the ambient seismic noise in the Tien Shan region using a three-component gradient system // Journal of Earth Science. 31(5), pp. 988–992.
https://doi.org/10.1007/s12583-020-1327-5

2. *Rybin Anatoly, Bataleva Elena, Nepeina Kseniia, Matiukov Vitalii,* Alexandrov Pavel, Kaznacheev Pavel, 2020. Response of cracking processes in variations of geophysical fields // Journal of Applied Geophysics 104144.
https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2020.104144

3. *Julien Morin, Marc Jolivet, David Shaw, Sylvie Bourquin, Elena Bataleva* New sedimentological and palynological data from the Yarkand-Fergana Basin (Kyrgyz Tian Shan): Insights on its Mesozoic paleogeographic and tectonic evolution // Geosciense Frontiers. doi.org/10.1016/j.gsf.2020.04.010

4. *Александров П.Н., Забинякова О.Б.* Математическое моделирование магнитотеллурического поля в одномерных кусочно-градиентных средах // Вестник КРАУНЦ. Серия: Науки о Земле. Выпуск 47, №3. С.75-85. DOI: 10.31431/1816-5524-2020-3-47-75-85

5. *Bataleva E.* The role of electromagnetic sounding in the assessment of hydrothermal resources of the Northern Tien Shan // IOP Conference Series Earth and Environmental Science 579 (2020) 012118 doi:10.1088/1755-1315/579/1/012118

6. *Bataleva E.A.* Features of the manifestation of lunar-solar tides in the electromagnetic parameters of the active fault zones of the Tien Shan // XI Anniversary International Conference «Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors» E3S Web Conf. 2020. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602022

7. *Bataleva E.A., Nepeina K.* On the relationship of the extrema of lunar-solar tidal influences and seismic events // XI Anniversary International Conference Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors» E3S Web Conf. 2020.DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019603003

8. *Забинякова О.Б.,* Скляр С.Н. Результаты численных экспериментов по моделированию магнитотеллурического поля в вертикально градиентной среде // Проблемы информатики 2020. № 2 (47). С. 15-36.

Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ:

Программа истокообразной аппроксимации магнитотеллурических данных MTSourceApprox //
Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Авторы:
Забинякова О. Б., Александров П. Н.
Свидетельство № 2020664758, 18.11.2020.

Тема: «Изучение современных движений земной коры Центральной Азии с использованием средств космической геодезии»

Номер темы в Плане НИР НС РАН: 0155-2019-0002 Номер темы в ЕГИСУ НИОКТР: АААА-А19-119020190066-3

- По комплексу геофизических данных на северном склоне Киргизского хребта (Тянь-Шань, междуречье Сокулук – Кегеты) выделен район с повышенными значениями признаков сейсмической опасности. По данным сети KNET за 1994-2019 гг. фиксации землетрясений K>6 в отмеченном районе на каждую ячейку по долготе и широте 0.25°×0.25° приходится до 360 событий, что в 2-10 раз превышает число событий в ячейках окружения. Здесь же отмечается высокая плотность разломов с повышенными значениями нормированных кулоновых напряжений и высокой вероятностью их реактивации. По геолого-геодезическим данным и решениям фокальных механизмов разломы имеют сдвиго-взбросовую кинематику с нагнетанием вещества. В сравнении с окружающим пространством, здесь отсутствуют землетрясения со значимыми показателями сброса напряжений, что также свидетельствует о повышенном уровне сейсмической опасности для выделенной территории.
- Проведена оценка качества записей станций сейсмологической сети KNET с 1999 по 2017 годы. Проанализировано более 50 000 сегментов записей по 15 мин за различные времена суток, месяцев и года по трем каналам. Оценки проведены на основе расчета вероятностной спектральной плотности мощности (ВСПМ) сейсмического сигнала с построением тепловых карт и сравнением с эталонными моделями из [Peterson,1993]. Установлено, что для всех станций сети наименьший уровень шума наблюдается у вертикального канала на всех периодах. За малыми исключениями горизонтальные каналы по уровням ВСПМ лежат в допустимых рамках эталонных моделей для периодов до 10 с. Минимальный уровень шума отмечается на первых 18 ч UTC суток. Шум незначительно меняется в зависимости от сезона, но летом его уровень несколько ниже для всех каналов. От года к году уровень шума на станциях почти не меняется. По значениям ВСПМ станции KNET удовлетворяют требования низкого уровня шума.
- На основе программы GAMIT/GLOBK проведен цикл обработки GPS данных за 1994-2019 гг. на территории Центральной Азии. Получены временные ряды координат для >1450 марок из ~700 пунктов, рассчитан набор из ~600 валидных векторов скорости с оценками ошибок <2 мм/год для горизонтальных координат в системе отсчета EURA2014. Построены карты векторов скорости для Центральной Азии, Киргизии и Бишкекской локальной сети.
- На базе ОС Windows установлена программа Bernese GNSS Software для обработки сигналов разных спутниковых систем. Освоены основные метода обработки данных, проведены расчеты среднесуточного и внутрисуточного позиционирования, векторов скорости. Проведен сравнительный анализ координат, полученных в программах GAMIT/GLOBK и Bernese для одних и тех же данных. Наилучшая сходимость значений разных вариантов расчета картезианских координат XYZ (десятки мм) достигается при увеличении количества одновременно обрабатываемых пунктов (до 30). При этом расхождения длин базовых линий отличаются на уровне первых мм, что позволяет путем локальной стабилизации координат приводить разные программные решения к требуемому уровню точности.
- В 2020г на 3-х геодезических площадках БГП продолжены еженедельные линейно-угловые измерения на 44 базовых линиях и GPS наблюдения за сегментами активных разломов. По данным ЛУИ с декабря 2019г и по март 2020г на БЛ площадки

Алмалы более контрастно проявилась аномалия удлинения части линий северного простирания и укорочение линий по направлению В-З. Также, эта аномалия проявилась на отдельных линиях площадок к западу, но с меньшим уровнем изменения длин линий.

- В Киргизии проведены повторные эпизодические GPS наблюдения на 80 региональных пунктах и 44 локальных (по 4 цикла). Собраны файлы посуточных измерений с 15 перманентных станций. Дополнены архивы и БД GPS измерений за 2020г.
- Подготовлен отчет о НИР.
- Подготовлены публикации:

1. *Сычева Н.А, Мансуров А.Н., Сычев И.В., Кузиков С.И.* Исследование уровня сейсмического шума станций сети KNET // Вулканология и сейсмология. – 2020. – №3. – С.22–39. doi: 10.31857/S0203030620040069.

2. *Ребецкий Ю.Л., Маринин А.В., Кузиков С.И., Сычева Н.А., Сычев В.Н.* Тектонофизические исследования активности разлома «Безымянный» – «Верховой» на северном склоне киргизского хребта // Geodynamics & Tectonophysics. – Т.11. – №4. – С.770–784. DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0506.

3. *Sycheva N.A., Mansurov A.N.* Seismotectonic deformation of the lithosphere in the Pamir and adjacent territories // Geodynamics & Tectonophysics. – Т.11. – №4. – С.785–805. DOI: 10.5800/GT-2020-11-4-0507.

4. *Sycheva N.A.* Seismic moment tensor and dynamic parameters of earthquakes in the Central Tien Shan // Геосистемы переходных зон. – 2020. – Т.4. – №2. – С.192-209. doi: https://doi.org/10.30730/gtrz.2020.4.2.178-191.192-209

5. *Богомолов Л.М., Сычева Н.А.* О сброшенных напряжениях в очагах землетрясений Северной Евразии и приведенной сейсмической энергии // Геосистемы переходных зон. 2020. Т.4. №4. (принята к опубликованию)

6. *Ребецкий Ю.Л., Марианин А.В., Кузиков С.И., Сычева Н.А., Сычев В.Н.* Об активности разлома «Верховой» на северном склоне Кыргызского хребта по результатам

тектонофизической инверсии напряжений // Известия НАН КР. – 2020. –№3. – С.105–113.

7. *Саламатина Ю.М., Кузиков С.И.* Исследование точности позиционирования на основе фотограмметрической съемки // Вестник КГУСТА. 2020. №1(66). (принята к опубликованию)

- Подготовлена монография:

Сычева Н.А., Богомолов Л.М., Кузиков С.И. Вычислительные технологии в сейсмологических исследованиях (на примере KNET, Северный Тянь-Шань). – Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 2020. – 358 с.

- Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1.Программа для расчета вероятностной спектральной плотности мощности по временным выборкам волновых форм «SUR_PPSD» // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Авторы: *Мансуров А.Н., Сычева Н.А., Сычев И.В.* Свидетельство № 2020618131, 21.07.2020

2.Программа для визуализации геоинформации в польском формате MP при помощи пакета The Generic Mapping Tools «SUR_MP_TO_GMT» // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Автор: *Мансуров А.Н.* Свидетельство № 22020618162, 21.07.2020

3.Программа расчета параметров деформации земной коры (интенсивность сейсмотектонических деформаций и параметр концентрации сейсмогенных разрывов) // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Авторы: *Сычева Н.А., Сычев В.Н.* Свидетельство № 2020665785, 01.12.2020.

Тема: «Изучение геодинамических, сейсмических и геофизических процессов как основы прогноза землетрясений (включая моделирование неупругих процессов в сейсмогенерирующих зонах)»

Номер темы в Плане НИР НС РАН: 0155-2019-0003 Номер темы в ЕГИСУ НИОКТР: АААА-А19-119020190064-9

- Сетью KNET было зарегистрировано 463 события (19 событий с K≥10), из них в пределах БГП (Бишкекский геодинамический полигон, Северный Тянь-Шань) – 295 (9 событий с K≥10). Наиболее сейсмически активными по-прежнему оставались территории на востоке и юго-востоке БГП. Получены фокальные механизмы очагов 97 землетрясений. К настоящему моменту каталог фокальных механизмов содержит решения для 1674 землетрясений, которые произошли с 1994 г. по август 2020 года.

- Дополнены базы данных электромагнитного мониторинга и сейсмических, геомагнитных и геоакустических наблюдений.
- Установлено, что наибольшая плотность сейсмических событий на территории БГП по времени совпадает с периодами аномального уменьшения кажущегося удельного сопротивления, что можно связать с деформаций геологической среды вследствие сжатия в субмеридиональном направлении.
- Получено пространственное распределение эпицентров землетрясений на территории Тянь-Шаня, характеризующееся существенной неравномерностью и в общем случае несогласованностью со структурой разломов. Установлено, что максимальная плотность гипоцентров землетрясений приурочена к вертикальным зонам и в большинстве случаев совпадает с осевыми частями хребтов Северного Тянь-Шаня.

- Для 177 землетрясений с $K \geq 10.5$, произошедших с 2007 по 2017 гг. на территории Центрального Тянь-Шаня, определены ТСМ (тензор сейсмического момента, метод волновой инверсии). Направление осей сжатия (P) основной части землетрясений попадает в сектор 330–360°, азимуты осей растяжения (T) не имеют ярко выраженного максимума. Большая часть осей P имеют близгоризонтальное положение, T – близвертикальное. На исследуемой территории в основном происходят землетрясения взбросового и взбросо-сдвигового типа, в меньшей степени встречаются горизонтальные сдвиги, взрезы и сбросо-сдвиги.

- Для 150 землетрясений из каталога ТСМ посчитаны ДП: радиус очага r и сброс касательных напряжений Δs и построены зависимости ДП от магнитуды M (M и

M
w
). Между Δs и
M
наблюдается более слабая корреляционная связь, чем между другими ДП и магнитудой. Построенное распределение коэффициента Лоде–Надаи
μ
ε
, показывает, что большая часть исследуемой территории находится в условиях деформации между чистым сдвигом и одноосным сжатием, в северо-западной части выделяется область промежуточного режима деформации между чистым сдвигом и одноосным растяжением, для большей части впадин характерна деформация простого сдвига. Значительный сброс напряжений характерен для областей с деформацией преобладания простого сжатия

- В результате уточнений времен пробега цифровых сейсмограмм для 212 сейсмических событий искусственного происхождения на испытательном полигоне с 1967 по 1992 гг. получены линейные зависимости: уравнение регионального годографа и выявлены линейные тренды величины времени пробега продольных сейсмических волн для трех площадок.
- Для определения параметров полного электронного содержания (ПЭС) использовались высокоточные данные перманентной GPS-станции POL2. Анализ GPS-измерений проводился для интервала времени, в котором была зарегистрирована геомагнитная буря 31 августа – 3 сентября 2019 г самой большой продолжительности в 2019 году. Показаны существенные изменения угла наклона спектра мощности вариаций ПЭС во время прохождения этой умеренной геомагнитной бури.
- Анализ пространственно-временного распределения температуры атмосферы над территорией Киргизии, полученного по данным спутникового зондирования и сейсмической активности за период 1992-2015 гг. показал наличие короткопериодных аномалий в области тропопаузы, предшествующие сейсмическим событиям с M≥5. Установлено, что формирование противофазных аномальных возмущений температуры в области тропопаузы четко синхронизированы как в пространстве, так и во времени с сейсмической активностью. Аномалии имели горизонтальный размер порядка нескольких сот километров и проявлялись за ~3 дня до основного сейсмического события.
- Рассмотрены сигналы акустической эмиссии (АЭ), регистрируемые при одноосном сжатии образцов различных геоматериалов: песчаник, мрамор, гранит. Для описания функции распределения сигналов АЭ по энергиям использовались положения неравновесной термодинамики с применением статистики Тсаллиса, обобщающей классическую термодинамику на случай неэкстенсивных систем. Показано, что поток импульсов АЭ представляет собой систему с памятью и дальними пространственными корреляциями. Увеличение активности АЭ почти всегда сопровождается ростом значения параметра Тсаллиса, что характеризует состояние образца как нестабильное.
- Подготовлен отчет о НИР
- Подготовлены публикации:

1. *Sverdlik L., Imashev S*. Spatial-temporal distribution of atmospheric temperature anomalies connected with seismic activity in Tien-Shan // MAUSAM. 2020. 71. 3. P. 481-490.

2. *Nepeina K. S., An V. A.* Variations in P-wave Travel Times Based on a Digital Seismogram Dataset // Acoustical Physics, 2020, Vol. 66, No. 6, pp. 645–650. doi: 10.1134/S1063771020060068.

3. *Брагин В.Д., Свердлик Л.Г*. Оценки взаимосвязи динамики геофизических параметров с напряженно-деформированным состоянием исследуемых объектов геосреды // Геодинамика и тектонофизика. 2020. Т. 11. № 2. С. 352–364. DOI:10.5800/GT-2020-11-2-0479

4. *Sverdlik L*. Variations of atmospheric aerosol parameters in periods of seismic activity in Tien-Shan // E3S Web of Conferences. 2020. 149. 03007. RPERS 2019. https:// doi.org/10.1051/e3sconf /202014903007

5. *Свердлик Л.Г., Имашев С.А*. Пространственно-временное распределение возмущений в атмосфере перед сильными землетрясениями в Тянь-Шане // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2020. Т. 17. № 5. С. 114–122. DOI: 10.21046/2070-7401-2020-17-5-114-122

6. *Sychev V. and Sycheva N.* Analysis of the seismic process of the Bishkek geodynamic test site (Northern Tien Shan) // XI International Conference “Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors” Paratunka, Kamchatka region, Russia, September 22-25, 2020 E3S Web of Conferences Volume 196 (2020) Published online: 16 October 2020 DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602006

7. *Sychev V., Bogomolov L. and Kulkov D.* Analysis of energy characteristics of acoustic emission signals during uniaxial compression of geomaterial samples // XI International Conference “Solar-Terrestrial Relations and Physics of Earthquake Precursors” Paratunka, Kamchatka region, Russia, September 22-25, 2020 E3S Web of Conferences Volume 196 (2020) Published online: 16 October 2020 DOI: htt

ps://doi.org/10.1051/e3sconf/202019602004

8.Sverdlik L., Imashev S. Atmospheric temperature coherent variations effects, preceding strong earthquakes // E3S Web of Conferences 223, 03015 (2020). RPERS 2020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022303015

9.Sverdlik L., Lazareva E. Analysis of Long-Term Gravitational and Seismic Measurements in the Pamir - Tien-Shan Region // E3S Web of Conferences 223, 03014 (2020). RPERS 2020. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202022303014

- Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1.Программа расчета и анализа полного электронного содержания ионосферы по данным GNSS TecHandler // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Авторы: *Кирилов А.А., Сычев В.Н.*
Свидетельство №2020665783, 01.12.2020.

2.Программа обработки волновых форм микросейсмических событий в геоакустическом сигнале AEPeakDetection // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Авторы: *Горынин И.П., Кульков Д.С.*
Свидетельство №2020665784, 01.12.2020.

Тема: «Разработка аппаратно–программных средств и основ технологии электромагнитного мониторинга геодинамических процессов в сейсмоактивных зонах и оценки их опасностей» (0155-2018-0004)

Номер темы в Плане НИР НС РАН: 0155-2019-0004 Номер темы в ЕГИСУ НИОКТР: АААА-А19-119020190065-6

- На территории Бишкекского геодинамического полигона проведены первые опытно-методические работы по отработке технологии мониторинга земной коры с помощью нового измерительного комплекса. Полученные и подтвержденные в полевых экспериментах широкий частотный (0,4÷32000 Гц) и большой динамический (не менее 180 дБ) диапазоны регистрируемых сигналов обеспечивают получение кривых становления поля в диапазоне времен от 60 мкс до 1,35 с и более. Анализ полученных с помощью нового измерительного комплекса экспериментальных данных показывает, что, несмотря на искажения кривой становления поля и кажущегося удельного сопротивления горных пород (в диапазоне времен от 2 до 20 мс), обусловленные неравномерностью АЧХ индукционного датчика (наблюдаемой в диапазоне частот от 90 до 1000 Гц), можно констатировать, что разработанный измерительный комплекс обеспечивает контроль кривой становления поля благодаря широкому частотному диапазону и большому динамическому диапазону регистрируемых сигналов.
- Разработан алгоритм удаления «структурных помех», возникающих после корреляционной обработки сигналов на получаемой кривой зондирования (становления поля) и алгоритм дополнительной фильтрации (подавления), оставшихся после удаления «структурных помех» высокочастотных шумов и помех от промышленной силовой сети частотой 50 Гц. Разработанные алгоритмы добавлены в существующую программу обработки данных модельных, лабораторных и полевых экспериментов. Отработка алгоритмов на реальных полевых данных показала значительное, на 100 дБ (примерно в 100000 раз), снижение уровня помех и шумов на кривой зондирования (становления поля) в области больших времен.
- Разработана новая методика проведения зондирований земной коры и алгоритм обработки данных, исключающий влияние (на получаемую кривую зондирования) сигнала «прямого поля», возникающего в измерительной катушке индукционного датчика сигналов за счет прямой индуктивной связи (через воздух) между зондирующей рамкой и измерительной катушкой датчика. Из-за инерционности датчика (датчик магнитной индукции интегрирующего типа) наличие этого сигнала приводит к значительным искажениям в получаемой кривой зондирования (становления поля). При обработке данных зондирования учитываются результаты специальной градуировки измерительного канала, моделирующей сигнал «прямого поля». Новая методика проведения зондирований земной коры и алгоритм обработки данных отрабатывались в лаборатории на физических моделях (сигналы, формируемые в УГ) и на реальных сигналах, получаемых в полевых условиях. Результаты проведенных экспериментальных работ подтвердили важность и необходимость выполнения зондирований земной коры по разработанной методике, обеспечивающей повышенное качество и достоверность получаемой геофизической информации.
- Выполнена доработка аппаратного обеспечения ЭРК ШПС. Изменения затронули индукционный датчик сигналов (ИДС), генератор зонирующих сигналов (ГЗС) и блок усиления и регистрации сигналов (БУРС). В результате доработки ИДС и БУРС собственные шумы и помехи измерительного канала снизились на 33 дБ (примерно в 44 раза). ГЗС был дополнен специально разработанным измерительным каналом для регистрации тока, протекающего в цепи аккумуляторных батарей, питающих силовой коммутатор. Полученные данные были использованы при обработке сигналов становления поля для снижения влияния нестабильности создаваемого зондирующей рамкой магнитного поля, вызванного разрядом аккумуляторных батарей и другими

внешними факторами (температура окружающей среды, атмосферное давление).

- Разработана эскизная конструкторская документации и изготовлен макетный образец нового устройства градуировки (УГ), обеспечивающего: оперативный контроль и измерение переходной (ПХ), импульсной переходной (ИПХ) и амплитудно-частотной (АЧХ) характеристик измерительного канала ЭРК ШПС; проверку и контроль работоспособности измерительного комплекса, включая его программное обеспечение с помощью специальных модельных сигналов становления поля, имитирующих многослойный (5 слоев) электрический разрез земной коры; проведение специальной градуировки измерительного канала ЭРК ШПС, имитирующей сигнал «прямого поля», который возникает в измерительной катушке датчика за счет прямой индуктивной связи (через воздух) между зондирующей рамкой и измерительной катушкой датчика. Проведены совместные испытания нового УГ в составе измерительного комплекса ЭРК ШПС в лабораторных и полевых условиях, показавшие и доказавшие важность и необходимость такого устройства для обеспечения необходимых точности и достоверности получаемых с помощью измерительного комплекса геофизических данных.
- Проведены опытно-методические работы по оценке влияния временной (температурной) нестабильности характеристик измерительного канала на получаемую кривую зондирования (становления поля). Выполнена серия полевых экспериментов по градуировке измерительного канала ЭРК ШПС шумоподобными последовательностями токовых импульсов, подаваемых в градуировочную катушку индукционного датчика. Измерения проходили в течение двух суток по 6 сеансов градуировки в сутки с интервалом между сеансами в один час. В результате обработки экспериментальных данных получалась импульсная переходная характеристика (ИПХ) измерительного канала. Вычислялась разность между ИПХ полученными в различные моменты времени в течении одних суток и между сутками. В результате показано, что для снижения (исключения) влияния временной (температурной) нестабильности характеристик измерительного канала на точность получаемой кривой зондирования после установки индукционного датчика в рабочее положение необходима задержка (выдержка) по времени до начала проведения сеанса зондирования не менее 3-4 часов, обеспечивающая равновесную (одинаковую) температуру внутри всего корпуса датчика, при которой начинает эффективно работать схема компенсации температурной нестабильности его параметров.
- Проведены опытно-методические работы по оценке влияния нестабильности амплитуды зондирующих импульсов тока (напряжения силовой аккумуляторной батареи) на получаемую кривую зондирования (становления поля). Выполнена серия полевых экспериментов по зондированию земной коры шумоподобными последовательностями токовых импульсов с измерением амплитуды импульсов тока в зондирующей рамке. Данные зондирования обрабатывались без учета и с учетом измеренного за время сеанса среднего значения амплитуды импульсов тока в зондирующей рамке. При учете среднего тока разброс (отличие) между получаемыми кривыми зондирования (становления поля) сократился (примерно в 5 раз).
- Подготовлен отчет о НИР
- Подготовлены публикации:

1.Ильичев П.В., Бобровский В.В. Разработка современной аппаратуры для электромагнитного мониторинга напряженно-деформированного состояния земной коры сейсмоактивных зон. // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Материалы докладов Международной Юбилейной научной конференции, посвященной 40-летию со дня образования Научной станции РАН в г. Бишкеке, 3-7 июля 2018 г. / Бишкек:НС РАН, 2020. С. 37 – 44.

2.Лашин О.А. Методика приведения регистрируемых сигналов ко входу измерительной системы. // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Материалы докладов Международной Юбилейной научной конференции, посвященной 40-летию со дня образования Научной станции РАН в г. Бишкеке, 3-7 июля 2018 г. / Бишкек:НС РАН, 2020. С. 67 – 71.

3.Лисимов М.О. Применение электроразведочного измерительного комплекса с шумоподобными зондирующими сигналами для оценки помеховой обстановки в точке проведения мониторинговых работ // Воздействие внешних полей на сейсмический режим и мониторинг их проявлений: Материалы докладов Международной Юбилейной научной конференции, посвященной 40-летию со дня образования Научной станции РАН в г. Бишкеке, 3-7 июля 2018 г. / Бишкек:НС РАН, 2020. С. 72 – 78.

- Получены свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ:

1.Программа регистрации сигналов измерительного комплекса ЭРК ШПС с синхронным накоплением в режиме реального времени // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Автор: *Бобровский В.В.*
Свидетельство №2020613370, 13.03.2020.

2.Программа вычисления спектра измеряемого сигнала в режиме реального времени // Правообладатель: ФГБУН НС РАН. Автор: *Лашин О.А.* Свидетельство №2020613371, дата регистрации 13.03.2020.