

Краткая информация о проекте

Наименование	AP09259554 «Разработка критериев оценки воздействия на магистральные линии электропередач и нефтегазотрубопроводы геомагнитно индуцированных токов» (0121РК00301)
Актуальность	Актуальность поставленных задач проекта определяется тем, что наземные технологические инфраструктуры, включая, в частности, силовые сети, подвергаются существенному воздействию геомагнитно индуцированных токов независимо от их местоположения. В странах с обширными территориями, как Казахстан, протяженные магистральные линии электропередач и трубопроводов способствуют усилению значений наведенных токов в периоды экстремальных геоэффективных солнечных событий, что влияет на их штатное функционирование.
Цель	Цель работы – Разработка критериев оценки негативных электромагнитных эффектов с учетом космических факторов в проводящих наземных системах (линиях электропередач, трубопроводах) на территории Казахстана и создание прибора для регистрации теллурических токов.
Задачи	<p>Задачи проекта</p> <ol style="list-style-type: none">1. Определить гелиогеофизические условия, приводящие к появлению геомагнитно индуцированных токов на средних широтах.2. Разработать карту распределения геомагнитно индуцированных токов для территории Казахстана с использованием моделей ионосферных токов и проводимости земли для различных уровней геомагнитной активности.3. Разработать прибор для регистрации теллурических токов со встроенным программным обеспечением.
Ожидаемые и достигнутые результаты	<p>Ниже приведены отдельно по каждому разделу краткие выводы по результатам выполнения НИР в 2021–2023 гг.</p> <p>1) Определены основные факторы «космической погоды», приводящие к появлению геомагнитно индуцированных токов на средних широтах. Негативные электромагнитные эффекты на магистральные линии электропередач и нефтегазотрубопроводы на территории Казахстана оказывают, в первую очередь, очень большие геомагнитные бури (локальный К-индекс ≥ 7) и большие магнитные бури (локальный К-индекс=6).</p> <p>Изучена геомагнитная обстановка на территории Казахстана с учетом ускоренного дрейфа магнитного полюса в Северном полушарии в сторону арктического побережья России. По измерениям на обсерватории «Алма-Ата» [43.25°N; 76.92°E] показано, что с 1963г. по 2023г. величина геомагнитного склонения D увеличилась на 30 мин, в среднем геомагнитное склонение D наращивается по 1.9 мин/год. Величины значений геомагнитных склонений D, полученные в результате расчетов по модели IGRF дают хорошее согласие с данными, полученными по обсерваторским наблюдениям, стандартное отклонение 0,04. В практическом плане изменения геомагнитных склонений нужно учитывать при высокоточной навигации для уменьшения ошибок при определении азимута. Все современные навигационные карты содержат информацию о величине склонения геомагнитного поля.</p>

	<p>Эти карты необходимо постоянно обновлять для регионов Казахстана в связи с ускоренным движением северного геомагнитного полюса.</p> <p>2) Изучены эффекты геомагнитно индуцированных токов в зависимости от конфигурации, протяжённости и пространственного направления линии электропередач. Рассмотрены наиболее массовые и протяженные линии электропередач с рабочим напряжением 500 кВ на территории Казахстана, длина которых достигает 490 км. Показано отличие значений моделируемых значений геомагнитно индуцированных токов, рассчитанных для криволинейного пути линий электропередач и для прямолинейных, соединяющих соответствующие подстанции. Для линий электропередач, ориентированных преимущественно поперек горизонтального вектора геоэлектрического поля, отмечается разница на 40% между значениями индуцированного вдоль линий электропередач напряжения (порядка 10,4В) вдоль криволинейного пути линий электропередач и вдоль прямых, соединяющих соответствующие подстанции.</p> <p>В геомагнитно-возмущенные периоды изучена статистика аварийных отключений в Алматинских межсистемных электрических сетях с января 2012г. до марта 2023г.</p> <p>Разработаны критерии оценки воздействия геомагнитно индуцированных токов на электроэнергетические системы и нефтегазотрубопроводы Казахстана. Предложены меры защиты от негативных электромагнитных эффектов с учетом космических факторов в проводящих наземных системах и установлена необходимость их разработки и применения с учетом специфических условий и требований электроэнергетических систем и трубопроводов в Казахстане.</p> <p>3) Изготовлен опытный образец прибора для регистрации теллурических токов со встроенным программным обеспечением, в том числе: аппаратура приёма, объединения и регистрации линейных измерений, содержащая аналого-цифровой преобразователь; двухканальный усилитель согласующий; штыри-электродов заземления. Информация, полученная в ходе испытаний опытного образца прибора, сохранена в виде файлов и пригодна для дальнейшей обработки и анализа. Опытный образец прибора может применяться для непрерывных сеансов измерений в течение длительного времени, при отсутствии обслуживающего персонала.</p>
<p>Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на</p>	<p>1) Мукашева Сауле Нурмуханбетовна, <i>научный руководитель проекта</i>, кандидат физико-математических наук, член Европейского геофизического общества EGU (European Geosciences Union). Scopus Author ID: 6508123068 Researcher ID: AAP-9855-2020 ORCID: http://orcid.org/0000-0002-1609-4430.</p> <p>2) Сомсиков Вячеслав Михайлович, <i>научный консультант</i>, доктор физико-математических наук, профессор, член Американского геофизического союза AGU (American Geophysical</p>

<p>соответствующие профили</p>	<p>Union), известный ученый в области изучения динамических процессов в атмосфере. https://app.webofknowledge.com/author/#/record/1152190. https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602591126 ResearcherID: T-5158-2017 https://orcid.org/0000-0003-1005-9367</p> <p>3) Андреев Алексей Борисович, <i>ответственный исполнитель</i>, https://app.webofknowledge.com/author/#/record/31471978. Scopus Author ID: 36994358300 Researcher ID in Publons: ААЕ-4438-2019 ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7914-5496</p> <p>4) Нұрғалиева (Дунгенбаева) Құралай Еркенқызы, <i>научный сотрудник</i>, кандидат физико-математических наук, специальность 25.00.29 – Физика атмосферы и гидросферы, образование высшее, квалификация по диплому – физика и химия плазмы (КазНУ им аль-Фараби). https://app.webofknowledge.com/author/record/10060034 ResearcherID: O-1139-2014 Scopus Author ID: 6505821072 ORCID: https://orcid.org/0000-0002-0696-7277</p> <p>5) Соколова Ольга Ивановна, <i>научный сотрудник</i>, https://app.webofknowledge.com/author/#/record/3412265. https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57200591026 Scopus Author ID: 57200591026 ORCID: http://orcid.org/0000-0003-1349-1235</p> <p>6) Капытин Виталий Иосифович, <i>научный сотрудник</i>, https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57201291120 Scopus Author ID: 57201291120 ORCID: https://orcid.org/0000-0002-2001-9847</p>
<p>Список публикаций со ссылками на них</p>	<p>Опубликовано 20 работ. - Статьи, опубликованные в рецензируемых зарубежных научных изданиях, индексируемых базами данных Web of Science и Scopus (6 работ):</p> <p>1 Andreyev A.B., Kaputin V.I., Mukasheva S.N. Development of a system for detecting traveling ionospheric disturbances based on GNSS data // Proc. 27th Intern. Symp. of SPIE. -2021. -Vol. 11916. -P. 119168J-1 – 119168-4. doi: 10.1117/12.2600692. Percentile in Scopus – 20% Electrical and Electronic Engineering. Sjr 0.18.</p> <p>2 Somsikov V. M., Abylay A. M., Kuvatova D. B. Physics of evolution and unity of physics // Journal of Physics: Conference Series. - 2021. - Vol. 2094. Applied physics. 022029. doi: 10.1088/1742-6596/2094/2/022029. Percentile in Scopus – 22% General Physics and Astronomy, Sjr = 0.21.</p> <p>3 Andreyev A., Kaputin V., Mukasheva S., Somsikov V. Development of a System for Detecting Traveling Ionospheric Disturbances Based on GNSS Data // Atmosphere. -2022. -Vol. 13. -P. 183-189. https://doi.org/10.3390/atmos13020183. Q2. Sjr 0.69. Percentile in Scopus – 71% Environmental Science (miscellaneous).</p> <p>4 Vassilyev I.V., Andreyev A.B., Kaputin V.I., Mukasheva S.N. Experience in Registering Higher Harmonics of Industrial Frequency Currents on a Stand for Measuring Telluric Currents // Russian Electrical Engineering. - 2023. - Vol. 94, No. 4. - P. 240-244. doi:</p>

10.3103/S1068371223040107. Sjr 0.411. Q2. Percentile in Scopus – 61% Electrical and Electronic Engineering.

5 Somsikov V.M. Physics of evolution and structure of matter // AIP Conference Proceedings 2731, 2023. - P. 020004. doi: <https://doi.org/10.1063/5.0133080>. Sjr 0.16. Percentile in Scopus – 19% General Physics and Astronomy.

6 Andreyev, A. B., Mukasheva, S. N., Kapytin, V. I., & Sokolova, O. I. (2023). Estimating geomagnetically induced currents in high-voltage power lines for the territory of Kazakhstan. Space Weather, 21, e2023SW003639. <https://doi.org/10.1029/2023SW003639>.

<https://doi.org/10.3390/atmos13020183>. Q2. Sjr 1.08 Percentile in Scopus – 73% Atmospheric Science

- Статьи, опубликованные в изданиях, индексируемых Российским индексом научного цитирования (РИНЦ) – 4 статьи:

7 Сомсиков В. М., Чунчuzов И. П., Джаханшир А., Мукашева С. Н. Солнечный терминатор и ионосферное распространение радиоволн // Техника радиосвязи. -2021. Вып. 4 (51).- С. 15-23. doi 10.33286/2075-8693-2021-51-15-23. РИНЦ – 0,17.

8 Сомсиков В.М. Роль симметрии в физике эволюции // Современные техника и технологии в научных исследованиях: сб. матер. XIV междунар. конф. молодых ученых и студентов. - Бишкек: Научная станция РАН, 2022. - С. 421-429.

9 Васильев И. В., Андреев А. Б., Капытин В. И., Мукашева С. Н. Опыт регистрации высших гармоник токов промышленной частоты на стенде для измерения теллурических токов // Электротехника. - 2023. - № 4. - С. 20-24. doi 10.53891/00135860_2023_4_20. РИНЦ – 0,594.

10. Турдыбаева Ж. А., Мукашева С.Н. Ионосферные эффекты солнечных вспышек над Казахстанским регионом по основе глобальных карт полного электронного содержания // Современные техника и технологии в научных исследованиях: Сборник XV междунар. конф. молодых ученых и студентов. - Бишкек: Научная станция РАН, 2023. – С. 183-187.

- Статьи, опубликованные в изданиях, рекомендуемых Комитетом по обеспечению качества в сфере науки и высшего образования Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан, индексируемых Казахстанская база цитирования (КазБЦ) – 4 статьи:

11 Мукашева С.Н., Соколова О.И. Ионосферные бури над Казахстаном по данным об интегральном электронном содержании // Вестник. Серия физическая. -2022. - №1 (80). - С.88-96. <https://doi.org/10.26577/RCPH.2022.v80.i1.10>. КазБЦ – 0,071.

12 Мукашева С. Н., Соколова О. И. Геомагнитное склонение и его пространственно-временные изменения по данным двух среднеширотных обсерваторий // Доклады НАН РК. - 2022. - № 4. - С.126-135. <https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.176>. КазБЦ – 0,32.

13 Андреев А. Б., Капытин В. И., Соколова О. И. Морфологические особенности гелио-геофизических условий, приводящих к появлению геомагнитно индуцированных токов на

	<p>территории Казахстана // Журнал Проблем эволюций открытых систем. -2022. - Т. 21, № 1-2. - С. 65-72. https://doi.org/10.26577/JPEOS.2022.v24.i1.i3. КазБЦ – 0,16.</p> <p>14 Нұрғалиева Қ.Е. Ғарыш райының орта ендікте геомагнитті индукцияланған тоқтың пайда болуына әсер етуін зерттеу // Вестник. Серия физическая. -2023. -№1 (84). - С. 48-55. https://doi.org/10.26577/RCPH.2023.v84.i1.06. КазБЦ – 0,071</p> <p>- Опубликовано в материалах международных конференций (6 работ):</p> <p>15 Андреев А.Б., Капытин В.И., Мукашева С.Н. Разработка системы детектирования перемещающихся ионосферных возмущений на основе данных GNSS // Оптика атмосферы и океана. Физика атмосферы: сб. докл. междунар. симп. - М.: Atmosphere and Ocean Optics. Atmospheric Physics. -2021. - 4с. https://symp.iao.ru/files/symp/aoo/27/ru/abstr_13725.pdf.</p> <p>16 Somsikov V.M. D-Entropy in Classical Mechanics // CHAOS. Springer Proceedings in Complexity. - Springer, Cham., 2022. - P. 481-493. https://doi.org/10.1007/978-3-030-96964-6_33.</p> <p>17 Mukasheva S., Andreyev A., Kaputin V., Sokolova O. Geomagnetically Induced Currents over Kazakhstan during Large Geomagnetic Storms / Proc. EGU General Assembly, 2022. EGU22-3338. https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-3338.</p> <p>18 Nurgaliyeva K. Analysis of correlations between geomagnetic storms and emergency shutdowns in the part of Almaty power grid for 2016-2021// Proc. EGU General Assembly, 2022. EGU22-3317 https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-3317.</p> <p>19 Somsikov V.M. "Order" and "Chaos" / in the Evolution of Matter. Book: Springer Proceedings in Complexity Series, 2023. doi: 10.1007/978-3-031-27082-6.</p> <p>20 Nurgaliyeva K., Mukasheva S., Andreyev A., Sokolova O., Ussenova N., Zhunisbekov D. Estimation of Geomagnetically Induced Currents Affect on Power Grid Based on Measurements of Mid-Latitude Geomagnetic Observatories // Proc. 18-th International Conference on Electrical Machines, Drives and Power Systems (ELMA). IEEE Catalog Number: CFP23L07-USB, 2023. - P. 294-297.</p>
Информация о патентах	<p>- Получен патент РК на изобретение: Пат. 36189 Республика Казахстан, МПК G01R 19/00. Прибор для регистрации теллурических токов и способ измерения теллурических токов / Васильев И.В., Мукашева С.Н., Андреев А.Б., Сомсиков В.М., Капытин В.И., Соколова О.И.; заявитель и патентообладатель Товарищество с ограниченной ответственностью «Специальное конструкторско-технологическое бюро «Гранит» (KZ). - № 2022/0139.1; заявл. 04.03.2022; опубл. 2023-04-21. Промышленная собственность. Бюл. 2023. № 16. – С. 6.</p>

Приложения

1) Патент

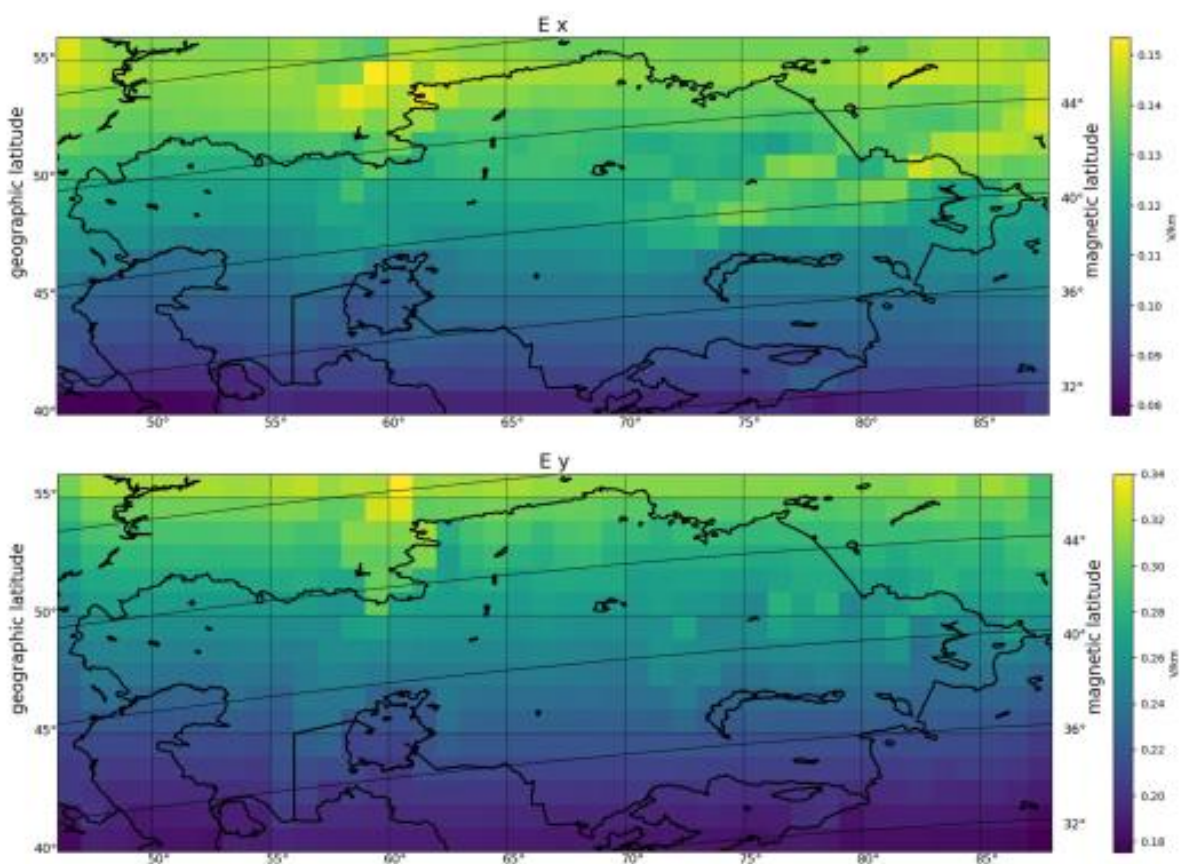


Рисунок 2 – Максимальные значения геоэлектрического поля в направлениях север-юг (Ex) и запад-восток (Ey).

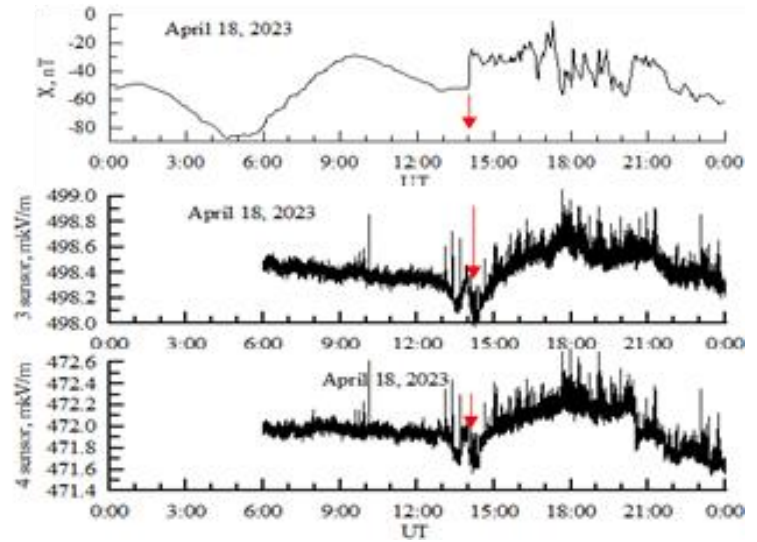


Рисунок 3 – Фото опытного образца прибора для регистрации теттурических токов и измерения