

УДК 551.50
МРНТИ 37.21.51

О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АТМОСФЕРНО-ЛИТОСФЕРНЫХ СВЯЗЕЙ ПО ДАННЫМ СЕТЕЙ ГРОЗОПЕЛЕНГАЦИИ

А.С. ИНЧИН¹, Ю.Р. ШПАДИ¹, Л.И. МАЙЛИБАЕВА¹, М.Ю. ШПАДИ¹, Р.Ж. БЫКАЕВ¹
А.Ю. ЛОЗБИН², Г.М. АЯЗБАЕВ²

¹Институт космической техники и технологий

²Казахский Национальный университет им. аль-Фараби

Аннотация: В статье приводится описание текущих результатов по проекту «Разработка программно-математического обеспечения для исследования атмосферно-литосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации». Описаны цели и задачи проекта, основные технические и программные решения по разработке базы данных региональной и глобальных сетей грозопеленгации и пользовательского интерфейса для использования этих данных в научных и прикладных целях. Приводится краткое описание формата входных и выходных данных и инструментов для их обработки и визуализации. Показаны примеры отображения грозовой информации с помощью разработанного программно-математического обеспечения.

Ключевые слова: молния, гроза, грозопеленгация, программно-математическое обеспечение, атмосферно-литосферные связи, информационные системы

ABOUT THE PROJECT OF DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR ATMOSPHERE-LITHOSPHERE COUPLING RESEARCH BASED ON LIGHTNING DETECTION NETWORKS DATA

Abstract: The description of the current results on the “Development of Software for atmosphere-lithosphere coupling research based on regional and global lightning detection networks data” project is given. The purposes and tasks of the project, the main technical and software solutions on development of the database of regional and global lightning detection networks and the user interface for data using for science and applied purposes are provided. The short description of the incoming and outgoing data frames and tools for their processing and visualization are provided. The examples of lightning data visualization using developed Software are shown.

Keywords: lightning, thunderstorm, lightning detection, software, atmosphere lithosphere coupling, information system

НАЙЗАҒАЙ ПЕЛЕНГІЛЕУ ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША АТМОСФЕРА-ЛИТОСФЕРАЛЫҚ БАЙЛАНЫСТАРДЫ ЗЕРТТЕУ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ-МАТЕМАТИКАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАНЫ ӘЗІРЛЕУ ЖОБАСЫН ІСКЕ АСЫРУ БАРЫСЫ ТУРАЛЫ

Аңдатпа: Мақалада «Найзағай пеленгілеудің аймақтық және жаһандық желілерінің деректері бойынша атмосфера-литосфералық байланыстарды зерттеу үшін бағдарламалық-математикалық жасақтаманы әзірлеу» жобасының ағымдағы нәтижелері көрсетіледі. Жобаның мақсаттары мен міндеттерін, найзағай пеленгілеудің аймақтық және жаһандық желілерінің деректер базасын және осы деректерді ғылыми және қолданбалы мақсаттарда пайдалану үшін пайдаланушы

интерфейсін жасау үшін негізгі техникалық және бағдарламалық шешімдер ұсынылған. Кіріс және шығыс деректерінің форматы мен оларды өңдеу және визуализациялау құралдарының қысқаша сипаттамасы келтірілген. Әзірленген бағдарламалық-математикалық жасақтама арқылы найзағай туралы ақпаратты көрсету мысалдары түсіндірілген.

Түйінді сөздер: күркіреу, найзағай, найзағай пеленгілеу, бағдарламалық-математикалық және жасақтама, атмосфералық-литосфералық байланыстар, ақпараттық жүйелер

Введение

С 2018 года в ДТОО «Институт космической техники и технологий» силами лаборатории космических систем научного назначения реализуется проект: Разработка программно-математического обеспечения для исследования атмосферно-литосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации». Проект выполняется в рамках государственной программы «Развитие космических технологий мониторинга и прогнозирования природных ресурсов, техногенных изменений окружающей среды, создание космической техники и наземной космической инфраструктуры, исследования объектов дальнего и ближнего космоса» на 2018-2020 годы. Текущий проект является логическим продолжением проекта «Создать систему электромагнитных измерений для грозопеленгации и исследования атмосферно-литосферных связей». Этот проект был выполнен в рамках бюджетной программы 217 «Развитие науки», подпрограмма 102 «Грантовое финансирование научных исследований» на 2015-2017 годы. Результатом работы по данному проекту является система электромагнитных измерений для грозопеленгации и исследования атмосферно-литосферных связей (далее – Система) [1]. После создания этой Системы в 2017 году были проведены исследования по данным работы сети станций. Однако, это лишь предварительные исследования за короткий промежуток времени. Для более детальных исследований предлагается на основе данных созданной Системы, дополненных результатами измерений глобальных сетей грозопеленгации и дополнительными региональными измерениями электрического поля, создать банк данных, аппаратно-программный комплекс для

обработки этой информации и, в конечном итоге, провести комплексные исследования атмосферно-литосферных связей.

В настоящее время большинство ведущих стран мира имеют свои системы грозопеленгации, включенные в мировые сети или автономные. Такие системы несут не только практическую значимость для народного хозяйства как часть метеопрогноза, но и представляют большой научный интерес, связанный с исследованием атмосферного электричества и атмосферно-литосферных связей. Существует ряд публикаций с теоретическим обоснованием глобальной электрической цепи [2-5]. Эти теоретические основы требуют экспериментального подтверждения.

Цель проекта – разработать программно-математическое обеспечение (ПМО) для проведения исследований литосферно-атмосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации.

На основе данных казахстанской региональной и нескольких глобальных сетей грозопеленгации и с помощью разработанного в рамках проекта программно-математического обеспечения планируется провести исследование связей атмосферных электромагнитных возмущений с литосферными процессами на территории Казахстана.

В рамках реализации проекта в 2018-2019 годах разработано программно-математическое обеспечение сбора накопления, обработки и распространения информации о грозах, необходимой для исследования атмосферно-литосферных связей. Создан банк данных электромагнитных возмущений и грозовой активности по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации.

Имеющаяся региональная сеть грозопеленгации KLDN дополнена программным обеспечением (ПО) сбора, накопления, обработки и распространения информации о грозах глобальных сетей, что необходимо для проведения исследований в области атмосферного электричества. Произведен сбор необходимых электромагнитных данных о грозах, создан банк этих данных, проведена их обработка, по результатам которой будет проведена оценка пространственно-временного распределения грозовой активности в горных районах Казахстана, что необходимо при исследованиях в области атмосферного электричества и изучении атмосферно-литосферных связей.

Методики и инструменты

При разработке ПО в качестве входных данных использовались данные с приборов, позволяющих регистрировать возмущения электромагнитного поля, связанные с грозовой активностью. При этом технологии регистрации молниевых разрядов основаны на фундаментальных представлениях о распространении электромагнитного импульса грозового разряда в атмосфере Земли.

Различают две основные системы пассивной грозопеленгации: однопунктовые разностно-дальномерные и многопунктовые пеленгационные системы. Определение дальности до молниевых разрядов, при использовании грозопеленгатора в качестве однопунктового прибора, основано на зависимости фазы электрической и магнитных компонент электромагнитного излучения от расстояния до разряда. Определение азимута на молниевый разряд основано на зависимости фазовых параметров откликов узкополосных фильтров сигналов магнитных и электрической антенн от направления на разряд.

При использовании грозопеленгатора в качестве многопунктовой системы местопредельения грозового разряда его расположение можно определять двумя методами: по подсчету времени прохождения сигнала в атмосфере и по углам определения сигнала

относительно географического местоположения приемных станций.

В настоящем проекте рассматриваются входные данные 3-х сетей грозопеленгации:

– KLDN (Kazakhstan Lightning Detection Network) - казахстанская сеть грозопеленгации. В Алматинской области развернуто 8 станций. Сеть эксплуатируется с 2016 года. Данные доступны только для юго-востока Казахстана. Сеть выдает информацию по местоположению и времени каждой зарегистрированной молнии [6].

– WLLN (Worldwide Lightning Location Network) - американская глобальная научная сеть грозопеленгации. Данные доступны начиная с 2009 года. Сеть имеет около 70 станций по всему миру, за счет чего покрывает весь земной шар, однако, по первым оценкам, эффективность регистрации для юго-востока Казахстана составляет менее 10%. Тем не менее, это пока единственная сеть, которая позволяет получить инструментальные данные для всего Казахстана за продолжительный период времени. Сеть позволяет получить данные по местоположению, времени и энергии молнии [7].

– Blitzortung.org - немецкая сеть грозопеленгации [8], которая очень хорошо покрывает Европу, Северную Америку, Океанию и Японию. Территория Республики Казахстан охвачена этой сетью очень неравномерно. Например, эффективность регистрации молний этой сетью в Западном Казахстане довольно неплохая, остальная же часть Казахстана охвачена очень посредственно, особенно, юго-восток страны. Станции казахстанской сети грозопеленгации KLDN, также, входят и в сеть Blitzortung.org. Т.е. обе сети, KLDN и Blitzortung.org, используют одни и те же электромагнитные сигналы с казахстанских станций, однако алгоритмы расчета местоположения и времени молнии разные.

В рассматриваемых в проекте сетях при определении местоположения грозового разряда используется метод триангуляции [9], аналогичный применяемому у операторов сотовой связи для определения местоположения абонента. Однако, все эти сети отличаются

ся точностью определения местоположения разряда молнии и эффективностью регистрации. Это объясняется, прежде всего, различными техническими и математическими подходами в каждом проекте.

Одной из основных задач разработанного ПО является сбор данных вышеупомянутых сетей, их систематизация и размещение в базе данных (БД) на сервере проекта для последующей обработки и обеспечения доступа к ним всех заинтересованных пользователей.

При разработке системы использовалась технология RAD в сочетании с объектно-ориентированным программированием. Язык написания программ C# на платформе .NET 4.0, PHP (сайт). Основное средство разработки - Microsoft Visual Studio 2010, Notepad++ (редактирование скриптов PHP, разметки HTML/CSS/JavaScript), MySQL Workbench (скрипты базы данных), браузер Mozilla Firefox (отладка сайта).

Основные результаты

В 2018 году по проекту были проведены проектные работы, т.е. разработка технического задания, технического проекта, методик обработки информации и методик испытаний ПО.

Согласно техническому заданию, разработанное ПО выполняет следующие функции:

- сбор данных сетей KLDN, WWLLN, Blitzortung.org;
- накопление данных в БД на сервере проекта;

- выборка данных по времени и по географическому району;

- отображение выбранной информации на различных картах (Google maps, Bing, физическая карта мира, контурная карта, тектоническая и пр.);

- определение плотности разрядов молний в произвольной географической области;

- определение числа грозových дней в заданной географической области и за заданный временной отрезок;

- экспорт выбранных данных в форматы *.kml и *.csv для последующей обработки сторонними программами.

Программа построена по схеме клиент-сервер с авторизацией пользователей. Передача данных осуществляется по протоколу TCP с использованием защищенного соединения. Для удаленного взаимодействия использована технология .NET Remoting.

Программа построена по схеме два в одном, т.е. клиентская и серверная части в одном общем модуле. При запуске по инициативе пользователя запускается клиентская часть с пользовательским интерфейсом. При запуске от имени системы программа выполняется в режиме сервера как служба Windows.

Данные хранятся в БД MySQL и могут быть получены через клиентское приложение, либо веб-браузер по адресу: <http://flash.istt.kz>. Схема БД, включая таблицы и связи между ними, показана на рисунке 1. Описание таблиц данных приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Описание данных

Наименование данных	Описание данных
istt_station	Содержит информацию о станциях KLDN
istt_raw	Содержит сырые данные, используемые для расчета молний, получаемые со станций KLDN
istt_channel	Содержит детализацию для каждого сигнала, включающего данные с нескольких приемных антенн.
istt_strike	Молниевые данные системы KLDN
istt_blitzortung	Молниевые данные сети Blitzortung.org
istt_signal	Исходные данные для расчета молний Blitzortung'a, включая координаты станций и время прихода сигнала
istt_wwlln	Молниевые данные сети WWLLN
istt_user	Данные о пользователях системы KLDN
istt_import	Таблица для временного хранения импортируемых данных

Практическое значение будут иметь следующие данные из таблиц:

KLDN (istt_strike): *time* – время молнии; *lat* – географическая широта молнии; *lon* – географическая долгота молнии; *accuracy* – погрешность определения молнии (км).

WWLLN (istt_wwlln): *time* – время молнии; *lat* – географическая широта молнии; *lon* – географическая долгота молнии; *residual* – погрешность определения молнии (мкс – за одну мкс электромагнитная волна преодолевает расстояние в 300 м); *energy* – мощность молнии (кВт); *energy_uncertainty* – погрешность определения мощности молнии (кВт).

Blitzortung.org (istt_blitzortung) - *time* – время молнии; *lat* – географическая широта молнии; *lon* – географическая долгота молнии; *pol* – полярность молнии (экспериментально); *mds* (maximal deviation span) – максимальное отклонение (нс).

Таким образом, в БД будет иметься информация о факте молнии (время, долгота и широта) как минимум из трех независимых источников.

В 2019 году разработан интерфейс ПМО для выборки и отображения информации о молниях. На рисунке 2 приведены скриншоты программы.

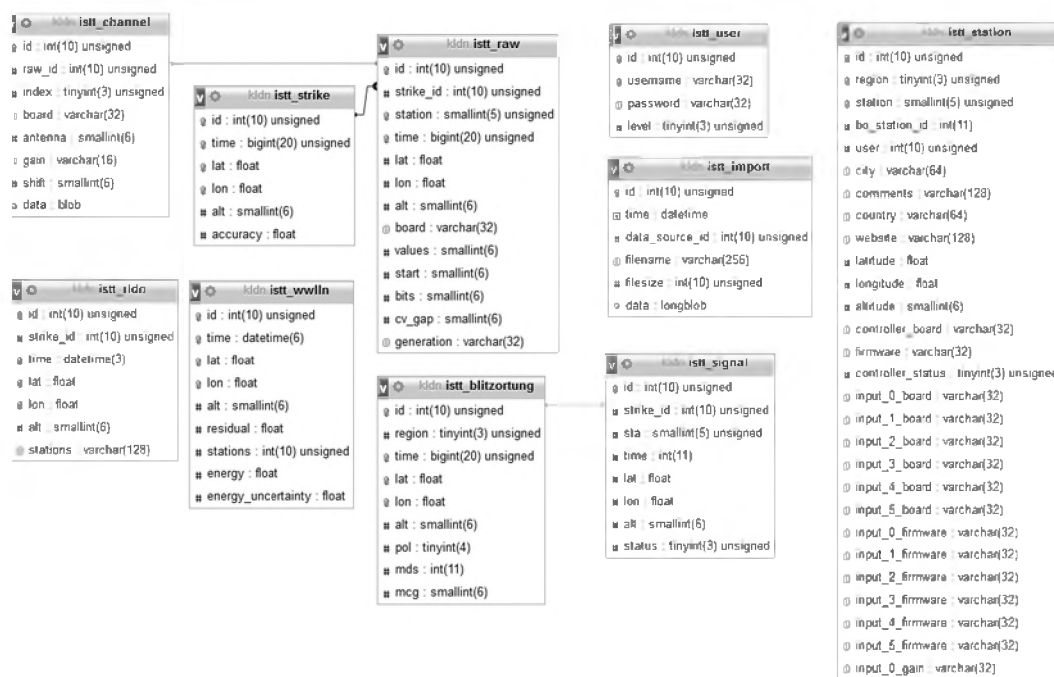


Рис. 1 – Структурная таблица базы данных Программы



Рис. 2 – Интерфейс ПМО

Пример отображения грозовой информации на спутниковой карте показан на рисунке 3.

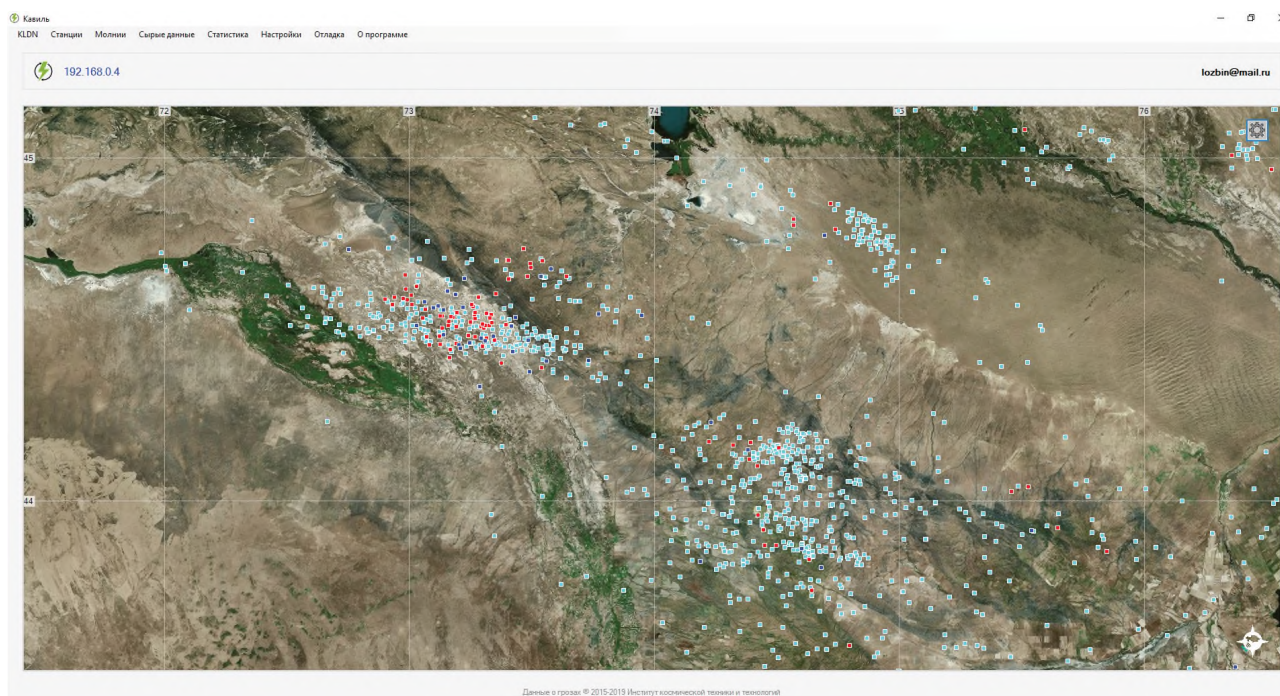


Рис. 3 – Пример отображения на карте молний, зарегистрированных 3-мя сетями в Жамбылской и Алматинской областях 03.07.2018 с 05:00 до 06:00 (UTC) KLDN (голубой), WWLLN (красный) и Blitzortung.org (синий)

На рисунке 3 отображена информация о разрядах молний (время, долгота и широта), произошедших в Алматинской и Жамбылской областях в период с 11 до 12 часов дня 3 июля 2018 года. В данном конкретном случае, казахстанская сеть грозопеленгации KLDN зафиксировала за час 870 разрядов на территории 2х4 градуса (43-45°С.Ш., 72-76°В.Д.),

сеть WWLLN – 86 разрядов и сеть Blitzortung.org – 37.

Заключение

В 2018 году была выполнена разработка технической документации, алгоритмов и методик, необходимых для создания заявленного ПО. Приняты решения по

реализации всех заложенных техническим заданием функций ПО. Разработаны методики и алгоритмы сбора и первичной обработки информации с трех сетей грозопеленгации для размещения ее на сервере проекта. В техническом проекте построены таблицы базы данных для размещения в них импортируемой и расчетной информации. Предусмотрен графический интерфейс для отображения грозовой информации на различных картах. Определены форматы входных и выходных данных.

В 2019 году проведена программная реализация разработанных методик и алгоритмов в части сбора, накопления и обработки данных о молниях с 3-х различных сетей. Разработан интерфейс ПМО для выборки и отображения информации.

Научные приложения разрабатываемого ПО:

- исследования физики атмосферы и ионосферы;
- геофизика;
- исследование атмосферно-литосферных связей.

Кроме научных задач по исследованию литосферно-атмосферных связей, ПО может применяться в таких областях, как:

- метеорология;
- геологоразведка;
- энергетическая безопасность промышленных объектов (электрические сети, ЛЭП и подстанции), нефте- и газопроводы, железные дороги и пр.

Работа выполнена в рамках республиканской бюджетной программы 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности», Подпрограмма 3 «Создание экспериментальных и опытных образцов космической техники, новых материалов и аппаратно-программных средств конечных потребителей с использованием космических технологий» «3.1. Разработка программно-математического обеспечения для исследования атмосферно-литосферных связей по данным региональной и глобальных сетей грозопеленгации» (РН – 0118РК00817).

ЛИТЕРАТУРА

1. Создать систему электромагнитных измерений для грозопеленгации и исследования атмосферно-литосферных связей: отчет о НИР (заключительный)/НЦ НТИ: рук.Инчин А.С.; исполн.: Лозбин А.Ю. – Алматы, 2017.- 75с.-№ГР0115РК00434.-Инв.№0217РК00271.
2. Wahlin, L., Elements of fair weather electricity, J. Geophys. Res., 99, p.10767-10772, 1994
3. Harrison, R.G. The global atmospheric electrical circuit and climate. Surveys in Geophysics 25 (5-6), 2004, p.441–484.
4. Глобальная электрическая цепь. Материалы Второй Всероссийской конференции / Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН – Ярославль : Филигрань, 2015. – 140 с.
5. Глобальная электрическая цепь: материалы третьей Всероссийской конференции/ Геофизическая обсерватория «Борок» – филиал Института физики Земли им.О.Ю.Шмидта РАН–Ярославль: Филигрань, 2017. – 116 с.
6. <http://flash.istt.kz>
7. <http://wwln.net>
8. <http://blitzortung.org>
9. Lozbin, A., Shpadi, Y. and Inchin, A. (2016) Triangles Technique for Time and Location Finding of the Lightning Discharge in Spherical Model of the Earth // Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2016. - №4 – P.125-135.