

УДК 551.5

Жумабаев Б.Т.

*АО «Национальный центр космических исследований и технологий»
Аэрокосмического комитета Министерства по инвестициям и развитию РК
ДТОО «Институт ионосферы»*

ИНСТИТУТУ ИОНОСФЕРЫ 70 ЛЕТ

Аннотация. Приведена краткая информация об Институте ионосферы, его научно-организационной деятельности, научных направлениях и достижениях с момента основания и до настоящего времени.

Ключевые слова: ионосфера, солнечно-земная физика, атмосфера, магнитосфера, космические лучи, магнитное поле, литосфера.

Развитие экспериментальной базы

Радиогеофизические исследования в Казахстане начались в 1943 году с выходом Постановления Совета министров СССР об образовании при Министерстве связи Казахской ССР Алма-Атинской ионосферной станции. Первоначально в ее задачи входило составление прогнозов распространения радиоволн для территории СССР, что было актуально в те военные годы.

Начальником ионосферной станции была назначена Зачатейская Елена Николаевна – одна из первых женщин-радиоинженеров того времени, которая проработала в этой должности до 1961 г.

В начале 1950 года начинается активное освоение космоса, строится космодром Байконур и ряд других объектов. Зависимость безопасности полётов космических аппаратов (КА), в том числе с человеком на борту, от надёжности радиосвязи с КА, определяемой условиями распространения радиоволн в ионосфере и от радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве (ОКП) требовала глубоких знаний динамических процессов в верхней атмосфере. А в то время только начинались активные исследования ионосферных явлений, связанных с мощными динамическими процессами, определяемых не только геофизической обстановкой, но и вариациями солнечной активности, всей космической погодой в целом.

Результаты первых исследований ОКП с использованием искусственных спутников Земли показали, что сеть наземных

обсерваторий, изучающих ионосферу, магнитное поле Земли, условий распространения радиоволн различных диапазонов, а также интенсивности солнечного и космического излучений должна быть расширена. Поэтому в соответствии с постановлением Совета министров СССР от 9 апреля 1960 года в Казахстане началось строительство трех комплексных магнито-ионосферных станций (вблизи городов Алма-Аты, Караганды и пос. Новоказалинск). Сразу после их сдачи их в эксплуатацию они вошли в список Мировой сети ионосферных станций и магнитных обсерваторий МЦД-Б2 (г.Москва, СССР). В 1961 г. по инициативе Президента АН КазССР академика К.И. Сатпаева на базе трех ионосферных станций организуется Сектор ионосферы АН КазССР. Научная и организационная деятельность Сектора ионосферы по проблеме «Физика верхних слоёв атмосферы» контролировалась Отделением наук о Вселенной и Земле АН КазССР. Координирующим центром был определен Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн академии наук СССР.

Заведующей Сектором ионосферы стала кандидат физико-математических наук, доцент Томского государственного университета им. В.В. Куйбышева Рудина Мария Петровна [1].

В рамках Программы МГСС (Международный Год Спокойного Солнца) уже к октябрю 1963 г. на трёх станциях (Алма-Атинская, Карагандинская и Новоказалинская), начались непрерывные

измерения параметров ионосферы и магнитного поля Земли, обработка и отправка данных в МЦД-Б2.

К началу 1964г. в Секторе ионосферы уже сложился научный коллектив, способный вести исследования в области солнечно-земной физики. К этому времени в г.Алма-Ате был создан новый комплекс измерительных радиотехнических средств, значительно расширяющий экспериментальные возможности изучения ионосферных процессов и условий распространения радиоволн, в том числе установок для измерения дрейфа неоднородностей ионизации и коэффициента поглощения радиоволн, оценки напряжённости поля передающих радиостанций различных диапазонов, определения величины атмосферных помех. Первые результаты научных исследований сотрудниками Сектора ионосферы АН КазССР были представлены на Всесоюзном совещании по итогам исследований ионосферы в течение МГСС, организованного Межведомственным геофизическим комитетом и Проблемным советом при Президиуме АН СССР по распространению радиоволн, которое состоялось в Алма-Ате на базе Сектора ионосферы. Сам факт проведения данного совещания на базе Сектора ионосферы АН КазССР явился безусловным признанием успехов молодой научно-исследовательской организации.

В 1965-1966 гг. на высоте 2740 м над уровнем моря создается высокогорный радиополигон «Орбита», где устанавливаются радиотелескоп на базе 12-метровой антенной системы ТНА-57 и приемники спутниковых сигналов. Это положило начало радиоастрономическим исследованиям в Казахстане [2]. Сегодня на полигоне проводятся наблюдения: радиоизлучения Солнца на двух частотах (1 и 3 ГГц); на солнечном спектрографе-CALLISTO; интенсивности свечения ночного неба и температуры в линиях молекулярного кислорода и гидроксила в районе мезопаузы на уникальном оборудовании SATI-4, разработанным Канадским центром по изучению Земли и космоса. Радиотелескоп включен в состав

международной сети спектрографических наблюдений Солнца на базе приемника CALLISTO, организованной Цюрихским Институтом Астрономии (Швейцария).

В начале 70-х годов на высоте 3340 м была создана станция космических лучей [3]. Сегодня аппаратура станции включает в себя нейтронный супермонитор с современной системой регистрации и представлением данных в реальном времени, входящий в европейскую базу нейтронных мониторов NMDB (www.nmdb.eu); комплекс детекторов, регистрирующих нейтроны тепловых энергий и установки для регистрации гамма-квантов, а также измерения атмосферного электричества. В настоящее время станция космических лучей является одной из показательных, как по качеству данных, так и по статистике в мировой сети станций по космическим лучам.

В 1970-х годах создается установка для изучения доплеровского смещения частоты, отражённых от ионосферы сигналов. Это дало возможность исследовать тонкую структуру ионосферной плазмы, провести цикл работ по изучению существующих в ней волновых процессов. Проведенные на этих установках работы поставили Сектор ионосферы АН КазССР в ряд ведущих организаций Советского Союза в области исследований физики околоземного космического пространства.

Кроме того, в институте на сегодня действует единственная в среднеазиатском регионе геомагнитная обсерватория «Алма-Ата», входящая в международную сеть INTERMAGNET. Весь этот экспериментальный геофизический комплекс позволяет решать практически любые задачи, связанные с изучением проблем солнечно-земной физики, физики Земли, геодинамических процессов.

В соответствии с Распоряжением Совета Министров Казахской ССР и Постановлением Президиума АН КазССР в 1983 г. на базе Сектора ионосферы АН КазССР был образован Институт ионосферы Академии наук Казахской ССР. Директором института был назначен Дробжев Виктор Иванович, известный специалист в области радио- и геофизики (ныне академик НАН

РК) [4,5]. Основными направлениями научных исследований института были определены: солнечно-земные связи, закономерности условий распространения радиоволн, диагностика естественных и искусственных ионосферных возмущений в ОКП.

В 2011 г. в составе института организован отдел наземно-космического, геодинамического и геофизического мониторинга, что расширило научные направления. В рамках программы «Прикладные научные исследования в области космической деятельности» на основе наземно-космического комплекса мониторинга геодинамической обстановки, основанного на применении GPS-технологий, радарной спутниковой интерферометрии, а также с использованием методов математического моделирования геомеханических процессов в земной коре, которые ведутся на современном научном уровне [25-30].

Комплексные экспериментальные научные программы исследований

Создание современного геофизического комплекса, позволяющего выполнять мониторинг практически всех ключевых параметров околоземного пространства с применением космических спутниковых технологий, дало возможность институту участвовать в целом комплексе исследований ионосферы, магнитного поля, радиоизлучения Солнца, вариаций космических лучей, проблем геодинамики.

В период 1970-1980 гг. в Секторе ионосферы были выполнены эксперименты по изучению воздействия на ионосферу наземных химических и подземных ядерных взрывов, разработке дистанционного ионосферного метода контроля взрывов. По данному направлению Институт ионосферы был головным в Советском Союзе. Следует заметить, что американские ученые из Ливерморской лаборатории начали развивать теорию воздействия подземных взрывов на ионосферу в 1977 г., а первый эксперимент в данном направлении был проведен в Казахстане на Семипалатинском полигоне в 1978 г. Американские ученые провели специальный исследовательский

взрыв «MILL RACE» 16.09.1981 г., и такой же аналогичный взрыв «МАССА» был проведен под Алма-Атой двумя месяцами позже 28.11.1981г [4].

В 80-е годы прошлого столетия институт проводит исследования по международным программам «Геомагнитный меридиан», ВИТС (глобальные исследования ионосферы и термосферы), МАП (исследование средней атмосферы), проекту КАПГ (по планетарной геофизике). Особое место здесь занимают исследования по международной программе «Интеркосмос» - исследование ионосферы радиомаяковыми методами с помощью геостационарных и пролетных искусственных спутников Земли (ИСЗ). Для этого на Земле была создана целая сеть пунктов по приему сигналов с геостационарных ИСЗ и измерению интегрального электронного содержания. Примерно в этот же период институт принимает участие в координации международных научных программ по изучению динамических процессов в ионосфере, в частности ВАГС, STEP (исследования волновых возмущений в атмосфере и ионосфере Земли в переходные часы суток) [5].

С целью разработки физических основ и методических представлений учета влияния ионосферы на канал космической радиосвязи, а также на точность систем спутниковой геодезии и навигации ученые и специалисты института приняли активное участие в научном эксперименте «Плазмосфера» (1998г.), который выполнялся на орбитальном комплексе «Мир». Кроме того они участвовали в выполнении научных программ по изучению верхней атмосферы и ионосферы на орбитальных станциях «Салют-4» и «Салют-6».

Научные достижения Института ионосферы

Наиболее значительный вклад институт внес в развитие концепции волновой природы динамических процессов среднеширотной ионосферы. В его основную задачу входило создание полной системы представлений о явлении волновых

возмущений, средствах контроля, методах обработки и интерпретации результатов [10-13]. Наличие экспериментального комплекса позволило развить научное направление – изучение взаимодействий трех сред: атмосферы-ионосферы-магнитосферы, протекающих при интенсивных явлениях в нижней атмосфере и на поверхности Земли как естественного, так и антропогенного характера [14,15].

Проведение учеными института ряда уникальных широкомасштабных экспериментов, например, хорошо известного в стране и за рубежом проекта «МАССА» (в выполнении участвовало более 15 научно-исследовательских организаций страны), позволило доказать эффективность воздействия на ОКП сейсмических явлений. Это также позволило исследовать проникновение гравитационных и акустических волн от поверхности земли до высот ионосферы, обнаружить существование атмосферно-ионосферных связей неакустической природы, трансформацию акустических волн с Земли в электромагнитные возмущения различных типов. Все это дало возможность эффективно изучать проявление солнечно-земных связей в ионосфере [16-18], распространение радиоволн, возникновение землетрясений, погоду, на представителей биосферы и др. [7].

Институт ионосферы является основоположником нового направления в космофизике – исследования переходных процессов в ОКП в области солнечного терминатора (СТ). В 70-х годах существовала проблема объяснения регулярно наблюдаемых в ионосфере волновых возмущений. В то время их механизмов возникновения не было известно. В 1973 г. в Секторе ионосферы было выдвинуто предположение о том, что таким механизмом является СТ. Теоретическим, а затем экспериментально эта гипотеза была доказана [8].

Организованные затем Всесоюзные комплексные исследования СТ подтвердили наличие всевозможных эффектов в атмосфере и ионосфере: акустико-гравитационных волн, плазменных каналов

в переходные часы суток, приводящих к сверхдальнему трансэкваториальному распространению радиоволн, магнитосопряженного терминатора, многолучевости радиоволн при прохождении через СТ и т.д. Это все привело к созданию основ теории переходных процессов в атмосфере при прохождении СТ [6, 9]. В целом, результаты теоретических расчетов генерации волн СТ нашли экспериментальное подтверждение посредством изучения пространственно-временных, сезонных, суточных особенностей для атмосферы различных широт, включая высоты магнитосферы. Сегодня переходные эффекты в атмосфере Земли и других планет, связанные с прохождением СТ, активно исследуются геофизиками всего мира, всеми существующими экспериментальными и теоретическими методами, включая современные методы спутниковых исследований [8].

Впервые удалось обнаружить взаимосвязь вариаций интенсивности космических лучей с волновыми возмущениями атмосферы [5].

Изучение СТ привело к необходимости изучения динамических процессов в атмосфере, как открытой системы, связанных с взаимодействием солнечной радиации с атмосферным газом. В результате в Казахстане возникло новое междисциплинарное направление «Проблемы эволюции открытых систем». В рамках этого направления была теоретически и экспериментально показана существенная роль неравновесных эффектов в спектрах собственных колебаний атмосферного газа в потоке солнечной радиации [20]. Предпринятые попытки расширить математический и физический аппараты для изучения открытых неравновесных систем, какой является атмосфера Земли, привели к необходимости решения проблемы необратимости - одной из ключевых проблем всей физики, поставленной еще Больцманом и Пуанкаре. Была выдвинута идея заменить в механике модель материальной точки на систему потенциально взаимодействующих материальных точек и построить механику,

элементом которой уже является такая система, а не материальная точка. Это привело к качественному изменению всей механики и позволило найти решение проблемы необратимости, ключевой задачи современной физики [24]. В рамках таким образом расширенной механики появилась возможность описывать диссипативные процессы, процессы нарушения симметрии.

К сегодняшнему дню разработана модель ионосферы, которая дает возможность адекватно учитывать распространение акустических волн в неоднородной атмосфере, а также позволяет описать взаимодействие акустических волн в неоднородной атмосфере.

Разработана региональная модель ионосферы для Казахстана, корректируемая ионосферным индексом солнечной активности, что позволило, в частности, выдавать соответствующий прогноз условий распространения радиоволн силовым структурам страны.

Построена теоретико-групповая модель развитой турбулентности, что обеспечивает базу для создания пакетов численных программ для расчета практических важных турбулентных явлений, связанных с процессами перемешивания, распыления, турбулентного обтекания тел и т.д. [18].

Результаты указанных исследований получили широкое практическое применение при улучшении качественных показателей радиотехнических систем связи, навигации и пеленгации, в разработке новых радио- и геофизических методов обнаружения ядерных взрывов, пуска космических аппаратов и прогноза землетрясений. В частности, в институте развит новый ионосферный метод обнаружения, идентификации и оценки мощности (в т.ч. малой) подземных ядерных взрывов. Интересные результаты получены по изучению влияния пусков ракетноносителей с космодрома «Байконур» на [31].

Таким образом, в настоящее время приоритетными научными направлениями ДТОО «Институт ионосферы» являются:

-развитие динамических моделей ионосферы с учетом нелинейных процессов;

-Создание казахстанской многоуровневой системы мониторинга и прогноза космической погоды;

-Создание системы наземно-космического геодинамического и геофизического мониторинга земной коры Казахстана, а также системы прогнозирования месторождений полезных ископаемых.

Результаты исследований Института по каждому из указанных направлений с учетом результатов, полученных международным сообществом ученых, показали тесную взаимосвязь между ними. Установлено, что с одной стороны, характеристики околоземного космического пространства (ионосфера, магнитосфера, радиационный пояс Земли) откликаются на активизацию геодинамических процессов в литосфере, а, с другой стороны, геодинамические процессы в литосфере откликаются на активизацию процессов на Солнце и в околоземном космическом пространстве (на вариации космической погоды) [21-22].

В целом, исследования Института ионосферы не только вносят существенный вклад в решение проблем физики ионосферы, они также позволяют внести определенный вклад в реализацию задач, сформулированных в Послании Главы государства по программе форсированного индустриально-инновационного развития страны в направлении «Развитие космической деятельности».

Список литературы

- 1 Рудина М.П., Солоницина Н.Ф. Состояние ионосферы над Алма-Атой, Сб. трудов «Морфология спокойной и возмущенной ионосферы» АН КазССР, Т.1, 1970, С. 3-9.
- 2 Гонтарев О.Г. Наблюдение всплесков радиоизлучения Солнца в диапазоне 500-1500 МГц., Сб. трудов «Морфология спокойной и возмущенной ионосферы» АН КазССР, Т.1, 1970, С. 159-162.
- 3 Егоров Ю.А. Запуск азимутального мезонного телескопа, Сб. трудов «Морфология спокойной и возмущенной

ионосферы» АН КазССР, Т.1, 1970, С. 154-158.

4 Дробжев В.И., Куделин Г.М., Нургожин Б.И., Пеленицын Г.М. и др. Волновые возмущения в ионосфере, Алма-Ата, Изд-во «Наука», 1975, 178 с.

5 Дробжев В.И., Авакян С.В., Краснов В.М., Кудряшов Г.С. Волны и излучение верхней атмосферы, Алма-Ата, Изд-во «Наука», 1981, 190 с.

6 Антонова В.П., Дробжев В.И., Сомсиков В.М., Ташенов Б.Т., Гусейнов Д.А. и др. Комплексное экспериментальное исследование волн в атмосфере генерируемых солнечным терминатором. Известия АН СССР, Физика атмосферы и океана, т. 24, №2, 1988, С.134-142.

7 Доронин В.Н., Парфентьев В.А., Дробжев В.И., Гангули Б., Сомсиков В.М. и др. Влияние вариаций геомагнитного поля и солнечной активности на физиологические показатели человека, Биофизика, т.43, вып. 4, 1998, с.647-653

8 Сомсиков В.М. Солнечный терминатор и динамика атмосферы Наука, Алма-Ата, 1983, 193с.,

9 Somsikov V.M. Solar Terminator and Dynamic Phenomena in the Atmosphere: A Review Geomagnetizm i Aeronomiya, 2011, Vol. 51, p. 707-719.

10 Huba J. D., Schunk R.W., Khazanov G.V. Modeling the Ionosphere-Thermosphere system, Редакторы: AGU, Washington DC, 2014.

11 Яковец А.Ф., Водяников В.В., Гордиенко Г.И., Литвинов Ю.Г. Высотные профили амплитуд крупномасштабных перемещающихся ионосферных возмущений, Геомagnetизм и аэрoномия, 2013, том 53, № 5, с. 1–8.

12 Yakovets A.F., Vodyannikov V.V., Nurmukhanbetova K.Zh., Godrienko G.I., and Litvinov Yu.G. Dynamics of the Midlatitude Ionospheric F Region at Sunrise, Geomagnetism and Aeronomy, 2012, Vol. 52, No. 3, P. 639–645.

13 Яковец А.Ф., Водяников В.В., Гордиенко Г.И., Литвинов Ю.Г. Некоторые особенности ночных увеличений электронной концентрации в максимуме f_2 слоя среднеширотной ионосферы 2014 г.,

Геомagnetизм и аэрoномия, 2014, том 54, № 5, с. 1–11.

13 Vodyannikov V. and Gordienko G.A. statistical method for reconstruction of missed observations and foF2 short-time prediction IEEEExplore, Digital Object Identifier: 0.1109/URSIGASS.2011.6051029 Publication Year: 2011 , Page(s): 1 – 4.

14 Aushev V.M., Fedulina I.N., Gordienko G.I., Lopez-Gonzalez M.J., Pogoreltsev A.I., Ryazapova S.Sh., Shepherd M.G. Springtime effects in the mesosphere and ionosphere observed at northern midlatitudes Planetary and Space Science, V. 54, 2006, P. 559–571.

15 Vodyannikov V.V., Gordienko I., Nechaev S.A., Sokolova O.I., Khomutov S.Yu. and Yakovets A.F. Geomagnetically Induced Currents in Power Lines according to Data on Geomagnetic Variations Geomagnetism and Aeronomy, 2006, Vol. 46, No. 6, P. 809–813.

16 Behavior of the Ionosphere over Alma-Ata during Magnetic Storms in October 2003.

17 Gordienko G.I., Vodyannikov V.V., Litvinov Yu.G., Ryazapova S.Sh. and Yakovets A.F. Geomagnetism and Aeronomy, Vol. 45, No. 1, 2005, P. 109–117.

18 Gordienko G.I., Vodyannikov V.V., Yakovets A.F. Geomagnetic storm effects in the ionospheric E- and F-regions, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, V. 73, 2011, P. 1818–1830.

19 Gorokhovskii M., Saveliev V.L. Statistical universalities in fragmentation under scaling symmetry with a constant frequency of fragmentation, Journal of Physics D: Appl. Phys, 2008, Vol. 41, P. 85-405.

20 Zhantayev Zh.Sh., Breusov N.G. et. al. Ground-Space Monitoring of the Geodynamics of North Tien-shan Region, Abstract Book of the Third International Symposium On Earth Quake Monitoring And Early Warning by Using Space Technology, Beijing, 2011, P. 30-31.

21 Сомсиков В.М., Дунгенбаева К.Е., Гангули Б. Акустико-гравитационные волны в неравновесной атмосфере, Геомаг. и аэрoн., Май-Июнь, т. 44, №3, 2004г., с.407-411.

22 Somsikov V.M. Solar radiation and atmospheric dynamics, Natural Science, V. 6, No. 2, 2014, P. 38-46.

23 Гинзбург В.Л. Специальное заседание ред. Коллегии журнала УФН, приуроченное к 90-летию со дня рождения УФН. 2007, V. 4, P. 177, 345.

24 Сомсиков В.М. От механики Ньютона к физике эволюции. Монография, Алматы, 2014, 272 с.

25 Gordienko G.I., Vodyannikov V.V. and Yakovets A. F. Ionospheric disturbances over Alma-Ata during the October–November 2003 magnetic storms. Journal of geophysical research, V. 6, P. 110, doi:10.1029/2004JA010945, 2005.

26 Gordiyenko G.I., Vodyannikov V.V., Yakovets A.F. and Litvinov Y.G. A long-term trend in the F2-layer critical frequency as observed at Alma-Ata ionosonde station, Earth, Planets and Space, 2014, 66:125.

27 Жантаев Ж.Ш., Бибосинов А.Ж. Использование распределения скоростных неоднородностей в разработке геодинимического обоснования систем GPS наблюдений в прикаспийском регионе. Материалы международной конференции «Космос на благо человечества - Взгляд в будущее» 6-7 января 2011 г., Астана, С.43-44.

28 Жантаев Ж.Ш., Бреусов Н.Г. Роль космических технологий в обеспечении безопасности при добыче углеводородного сырья на территории Казахстана. Материалы международной конференции «Космос на благо человечества - Взгляд в будущее» 6-7 января 2011 г., Астана, с. 41-42.

29 Жантаев Ж.Ш., Абсаметов М.К., Копелевич О.В., Намвар Р.А.-А. «Использование данных спутниковых сканеров цвета для экологического мониторинга Каспийского моря», Журнал «Нефть и газ» МОН РК, НАН РК и НИА РК, 2011, № 2, С. 84-93.

30 Жантаев Ж.Ш., Мухамедгалиев А.Ф., Бреусов Н.Г. Система комплексного мониторинга нефтяных разливов в акватории Каспийского моря, Журнал «Нефть и газ» МОН РК, НАН РК и НИА РК .-2011, № 2, С.119-127.

31 Жантаев Ж.Ш., Курманов Б.К., Бибосинов А.Ж., Садыков К.А., Шапык Т., Калдыбаев А.А. Изучение современных движений земной коры города Алматы

методами космической геодезии, Известия НАН РК, серия физико-математическая, 2012, № 4, С.46-51.

32 Жантаев Ж.Ш., Курманов Б.К., Хачикян Г.Я., Ким А.С., Жумабаев Б.Т. Литокосмическая погода (современное состояние проблемы), Сборник «Геодинамика и солнечно-земные связи», Алматы: 2013, с.21-40.

33 Drobzhev V.I., Gordienko G.I., Mukasheva S.N. Ionosphere disturbances during rocket launches at Baikonur (Kazakhstan), Mathematics and Computers in Simulation 67, 2004, 433–439.

Принята в печать 15.04.15

УДК 551.5

Жумабаев Б.Т.

*АО «Национальный центр космических исследований и технологий»
Аэрокосмического комитета Министерства по инвестициям и развитию РК
ДТОО «Институт ионосферы»*

ИНСТИТУТУ ИОНОСФЕРЫ 70 ЛЕТ

Аннотация. Приведена краткая информация об Институте ионосферы, его научно-организационной деятельности, научных направлениях и достижениях с момента основания и до настоящего времени.

Ключевые слова: ионосфера, солнечно-земная физика, атмосфера, магнитосфера, космические лучи, магнитное поле, литосфера.

B.T. Zhumabaev

*JSC «National Center for Space Research and Technology»
Aerospace Committee of the Ministry of Investment and Development
SLLP «Institute of Ionosphere»*

Abstract. Brief information about the Institute of the ionosphere, its scientific and organizational activity, scientific trends and achievements since its inception to the present time.

Keywords: ionosphere, solar-terrestrial physics, atmosphere, magnetosphere, cosmic rays, magnetic field, the lithosphere.

Б.Т. Жумабаев

*«Ұлттық ғарыштық зерттеулер мен технологиялар орталығы» АҚ
Инвестиция және даму жөніндегі Министрлігі Аэроғарыштық комитеті
«Ионосферы институты» ЕЖШС*

ИОНОСФЕРЫ ИНСТИТУТЫ 70 ЖЫЛ

Аннотация. Ионосферы институтының ғылыми-ұйымдастырылған қызметтері, ғылыми бағыттары және құрылған мезеттен бастап қазіргі уақытқа дейінгі жетістіктері туралы қысқаша ақпараттар келтірілді.

Кілт сөздер: ионосфера, күн-жер физикасы, атмосфера, магнитосфера, ғарыштық сәулелер, магниттік өріс, литосфера.