

Использование космических систем для мониторинга климата Земли

Попичев Е. А.

Белорусский национальный технический университет

Введение

Климат Земли подвержен непрерывным изменениям в результате нелинейного взаимодействия процессов, протекающих в атмосфере, океане, криосфере, биосфере и на поверхности континентов, а также обусловленных внешними воздействиями. Чтобы понять причины этих изменений и создать средства для их предсказания в будущем, очень важно проводить непрерывные и скоординированные наблюдения за климатом. Мониторинг климата требует интегрального подхода к организации наблюдений за атмосферой, океаном и поверхностью земли. Не существует единой технологии, которая позволяла бы получить всю необходимую информацию.

Поэтому, следуя рекомендациям Рамочной конвенции ООН по изменению климата, была создана международная программа «Глобальная система наблюдений за климатом», основная задача которой организовать долговременную систему наблюдений за климатом, опираясь на уже существующие системы наблюдений за атмосферой, океаном и поверхностью суши. В соответствии с принятыми принципами климатического мониторинга система наблюдений позволит создать базу данных о глобальных и региональных изменениях климата за длительный период времени с целью информирования правительств о происходящих изменениях климата.

«Глобальная система наблюдений за климатом» является комплексной и составлена из средств наблюдений, размещенных на континентах, морских судах, плавающих буях, зондах, самолетах и спутниках. В рамках существующих международных программ ведется большая работа по организации систем прямых и дистанционных наблюдений за климатом в атмосфере, океане и на

поверхности земли, сбору этих данных, их архивации, а также по обеспечению свободного доступа к ним.

1. Спутниковое наблюдение за климатом

Использование космических систем играет очень важную роль в мониторинге климата Земли.

Развитие ракетной техники, научные основы которой были заложены исследованиями К. Э. Циолковского, позволило метеорологам уже в середине 20-го столетия резко повысить потолок инструментальных измерений в атмосфере, проникнуть с приборами, устанавливаемыми на ракетах, сначала в среднюю и верхнюю стратосферу, а затем и еще выше – в мезосферу и термосферу. Специально сконструированные метеорологические ракеты в состоянии зондировать атмосферу на высотах до 500 км, а выводимые на орбиты вокруг Земли с помощью ракет метеорологические спутники превратились в принципиально новое средство исследования атмосферы, увеличившее во много крат информацию о погоде на нашей планете, доступную повседневному анализу.

Вместе с обычными средствами наблюдения за погодой с поверхности Земли с помощью радиозондов, ракет и метеорологических радиолокаторов искусственные спутники Земли (ИСЗ) позволили следить за всеми изменениями погоды еще и сверху, с высоты сотен и тысяч километров. Особенно важно, что спутники ведут наблюдение за погодой не только над сушей, но и над теми областями Земли, где нет регулярной сети метеорологических станций, – такими как океаны, полярные области Земли, малонаселенные районы пустынь и полупустынь, высокогорные области.

Космические методы исследования атмосферы позволяют уточнять состав воздуха на больших высотах, недоступных другим методам.

Можно без преувеличения сказать, что ракетная техника, с помощью которой человечество начало завоевание космоса, попутно произвела настоящую революцию в методах исследования атмосферы. Эта революция во многом изменила наши

представления об атмосфере, особенно о ее высоких слоях, она дала огромное количество новых данных об атмосферных процессах.

Появилась новая научная дисциплина – спутниковая метеорология.

Создание ее стало возможным после появления нового, оказавшегося очень перспективным, средства исследования атмосферы и космического пространства – искусственного спутника Земли. Впервые он был выведен на орбиту советскими учеными 4 октября 1957 г.

Спутниковая метеорология – это один из разделов науки о погоде – метеорологии, – изучающий физическое состояние атмосферы и метеорологические явления с помощью ИСЗ.

Метеорологические спутники оснащены обзорной и измерительной аппаратурой. С помощью искусственных спутников Земли можно получить много дополнительной информации, как над малонаселенными участками суши, так и над густонаселенными. В частности, ИСЗ весьма оперативно обеспечивают получение данных о границе снежного покрова и всех ее изменениях, об облачности атмосферных фронтов и циклонов, дополняя и уточняя данные сети метеорологических станций там, где густота ее недостаточна.

Очень существенна получаемая с ИСЗ информация о дымовых облаках над промышленными районами и над лесными массивами, возникающих в результате индустриальных загрязнений воздуха и лесных пожаров. В ряде случаев облака загрязнений над промышленными центрами не фиксируются обычными наземными метеорологическими наблюдениями, проводимыми в приземном слое атмосферы, а на снимках со спутников они отчетливо видны, как видно и их перемещение, особенности структуры и других характеристик, позволяющие судить о концентрации загрязнений и высоте их распространения.

Для мониторинга окружающей среды на базе космических средств наиболее продуктивно используется информационная спутниковая система, которой присущи целостность, целенаправленность, динамизм, преемственность, совместимость, автономность. Структурно эта сложная спутниковая система мониторинга включает орбитальный и наземный сегменты: первый осуществляет функцию наблюдения, второй, наряду с наблюдением, – функции оценки и прогноза.

Спутники наблюдения Земли контролируют меняющиеся параметры суши, океана и атмосферы (такие, как растительная биомасса, соленость океанических и морских вод, грунтовые запасы пресной воды и рельеф облаков), отслеживают развитие ураганов и тайфунов, а также извержения вулканов и крупные лесные пожары.

Спутники обеспечивают в настоящее время важнейшие средства сбора глобальных данных о климате и изменении климата. Они используются для мониторинга выбросов углерода, изменения запасов льда в полярных куполах и ледниках, а также характера колебания атмосферной температуры. Дистанционное зондирование обеспечивает точную и актуальную информацию о почвенно-растительном покрове и любых изменениях, происходящих на обширных территориях, давая возможность получать данные об отдаленных районах, труднодостижимых иным образом. Повторяющиеся измерения сделали возможным создание архивов данных дистанционного зондирования за несколько десятилетий.

Однако, чтобы спутниковые данные могли внести заметный вклад в долгосрочную программу измерений, должны быть обеспечены устойчивое функционирование системы наблюдений со спутников, необходимая точность и однородность измерений. В Плане реализации Глобальной системы наблюдений за климатом указаны характеристики, измерения которых представляются исключительно важными и осуществимыми в настоящее время с помощью спутников. [2]

К ним относятся:

- атмосферные характеристики: осадки, радиационный баланс, включая приходящий поток солнечной радиации на верхней границе атмосферы, температура свободной атмосферы, включая микроволновое зондирование, направление и скорость ветра (особенно над океанами), водяной пар, свойства облаков, озон, свойства аэрозоля;

- океанографические характеристики: температура поверхности воды, уровень моря морской лед, цвет воды (для оценки биологической активности);

- характеристики поверхности суши: снежный покров, ледники и ледяные шапки, альbedo, типы растительности, доля поглощенной фотосинтетически активной радиации, пожары.

Многие указанные переменные могут быть доступны уже сейчас для широкого использования на регулярной основе при современных технологических возможностях. Однако требуется дальнейшее совершенствование алгоритмов нового анализа первичных радиационных измерений и их преобразования в климатические переменные.

2. Средства мониторинга

Наблюдение Земли из космоса началось в 1960-е гг. с американских и советских метеорологических спутников серии «Tiros», «ESSA», «Nimbus», «ITOS», «Метеор». За последующие десятилетия информационные возможности и целевое применение космических аппаратов Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) значительно расширились. На смену метеорологическим ИСЗ пришли спутниковые системы, предназначенные для мониторинга окружающей среды и исследования динамики планетарных процессов, совместно с системами изучения природных ресурсов Земли, такими как «Landsat» (США, запускаются с 1972 г.), «SPOT» (Франция, запускаются с 1986 г.) и «Ресурс» (РФ, запускаются с 1988 г.), и миссиями исследовательских космических аппаратов.

Ведущую роль здесь играют США. Находящаяся под эгидой NOAA (National Oceanic Atmospheric Administration – Национальное управление по океанам и атмосфере) спутниковая метеорологическая система на полярных орбитах «NOAA» (запускаются с 1970 г.) и геостационарные «GOES» (запускаются с 1975 г.), а также принадлежащая министерству обороны США спутниковая система DMSP (Defense Meteorological Satellite Project – Оборонный проект спутниковой метеорологии; запускаются с 1966 г.) – единственные в мировой практике эксплуатационные системы мониторинга окружающей среды.

Применение на американских спутниках метеоразведки «DMSP» микроволновых радиометров в качестве всепогодных измерителей геофизических параметров океана и атмосферы позволило с 1991 г. реализовывать круглосуточное всепогодное обеспечение стандартной информацией о гидрометеорологических параметрах стран-членов WMO (Всемирная метеорологическая организация). Для национальной безопасности американское

правительство в середине 1990-х гг. приняло решение о создании Национальной спутниковой системы мониторинга окружающей среды с полярной орбиты NPOESS (National Polar-Orbiting Operational Environment Satellite System). Она создается путем объединения военной (DMSP) и гражданской (NOAA) спутниковых систем и включает эксплуатируемые в настоящее время КА «DMSP» и «NOAA», а также разрабатываемые совместно с европейской метеорологической организацией Eumetsat ИСЗ «Metop».

В США исследование глобальных процессов с учетом их взаимодействия и влияния на состояние окружающей среды осуществляется в рамках национальной программы USGCRP (United States Global Change Research Programme – Программа изучения глобальных изменений) а также под эгидой Межправительственного комитета по климатическим изменениям IPCC (Intergovernmental Panel on Climatic Change). Ожидается, что полученные результаты станут научной основой для принятия государственных решений по вопросам состояния окружающей среды и климата в глобальном масштабе.

Программа EOS (Earth Observing System – Система наблюдения Земли) предназначена для реализации опубликованного в 2001 г. стратегического плана NASA по исследованию планеты с помощью серии ИСЗ определенной направленности. Она включена в проект МПРЕ (Mission to Planet Earth – Миссия к планете Земля), проводимый NASA с 1991 г. по программе «Исследование глобальных изменений на Земле».

Согласно программе EOS, группировке из первых спутников к 2015 г. предстоит решить следующие задачи:

- 10-летний прогноз климата;
- 15-20-месячный прогноз явления Эль-Ниньо;
- 12-месячный прогноз выпадения дождей в региональном масштабе;
- 60-дневный прогноз извержения вулканов;
- 10-14-суточный прогноз погоды;
- 5-дневный прогноз маршрутов ураганов с точностью 30 км;
- 1-5-летний экспериментальный прогноз землетрясений.

В других странах к числу наиболее значимых космических программ обзорного наблюдения Земли относят европейскую программу мониторинга и обеспечения безопасности Земли GMES,

базирующуюся на КА «Envisat» (запущен 1 марта 2002 г.) и «Метоп»; канадскую космическую программу с применением спутников «Radarsat» (запускаются с 1995 г.); японскую программу наблюдения Земли на базе ИСЗ «ADEOS» (запускаются с 1996 г.); индийскую систему дистанционного зондирования IRS (запуски с 1988 г.)

В России в соответствии с Федеральной космической программой проводятся работы по дистанционному зондированию из космоса. Декларируются следующие направления:

- расширение знаний о Земле;
- мониторинг окружающей среды и контроль чрезвычайных ситуаций;
- повышение эффективности промышленного сырьевого секторов, транспорта, энергетики и др. [3]

В 1990-х гг. в России для осуществления мониторинга окружающей среды и изучения природных ресурсов на орбиту последовательно запущены природоведческие спутники «Ресурс-01» (запускаются с 1980 г.) и океанографические «Океан-01» (запускаются с 1979 г.). В настоящее время функционирует выведенный на орбиту 10 декабря 2001 г. ИСЗ аналогичного назначения «Метеор-3М», оснащенный кроме прочих приборов трехканальным электронно-оптическим сканером высокого разрешения МСУ (45 м) и первым в мировой практике зондирующим микроволновым сканером МТВЗА (подобный американский прибор SSM/IS выведен на околоземную орбиту в октябре 2003 г.). С применением СВЧ-радиометра МТВЗА начались измерения таких важнейших для прогноза погоды параметров, как водный запас облаков, профили температуры и влажности атмосферы, радиационный баланс и скорость ветра. Подобная информация используется государственными метеорологическими службами стран-членов ВМО, ранее ее единственным источником служили спутники, принадлежащие министерству обороны США

В 2012-2013 гг. в России планируется развертывание космической системы «Арктика», предназначенной для всестороннего мониторинга российской арктической зоны.

Значение создания новой космической системы обусловлено тем, что Арктика является «кухней погоды» для всего северного полушария, оказывает определяющее влияние на процессы формирования погоды и климата в северном полушарии Земли.

Спутниковые данные в требуемом объеме и с качеством, необходимым для решения гидрометеорологических задач по арктическому региону и северным территориям Земли предложено получать с помощью двух космических аппаратов «Арктика-М» на высокоэллиптических орбитах.

В дальнейшем в рамках развития системы «Арктика», возможно создание спутников связи «Арктика-МС» и радиолокационных «Арктика-Р». [1]

3. Космическая программа Беларуси

В Беларуси первые разработки по космической тематике относятся к началу 1960-х годов. Важным стимулом развития научно-технического комплекса Республики Беларусь, связанного с космическими технологиями, явилось участие республики в реализации многих программ бывшего СССР.

Значительным вкладом в восстановление и дальнейшее развитие научно-технических и экономических связей в области космических средств и технологий между Беларусью и Россией явились белорусско-российские космические программы «Космос-БР» и «Космос-СГ» (2004-2007). В ходе их реализации созданы технические и программные средства, которые эффективно используются в России, а также востребованы на мировом рынке.

В соответствии с Указом Президента Республики Беларусь от 14 июня 2007 г. №278 «О мерах по развитию в 2007-2010 гг. космической системы дистанционного зондирования Земли» Совет Министров Республики Беларусь утвердил Национальную программу исследования и использования космического пространства в мирных целях на 2008-2012 годы.

В настоящее время в Беларуси отдельные республиканские органы государственного управления, а также подчиненные им организации используют данные дистанционного зондирования Земли и создают свои тематические банки данных. Станции приема космической информации имеются в Департаменте по гидрометеорологии Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды

В результате опыта, накопленного в ходе выполнения исследований в интересах Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды, разработана и реализована система сбора информации о состоянии объектов окружающей среды. В деятельности государственного учреждения «Белорусский гидрометеорологический центр» используются космические снимки Земли метеорологических спутников серии NOAA, позволяющие в значительной мере повысить точность прогноза метеорологических условий на основе данных дистанционного зондирования Земли.

22 июля 2012 был запущен белорусский спутник дистанционного зондирования Земли БелКА-2. В перспективе планируется создать группировку спутников для использования в интересах Союзного государства.

Проект первого белорусского спутника возник в 2003 году. Космический аппарат «БелКА» планировалось сделать элементом белорусско-российской группировки спутников дистанционного зондирования Земли. Данные с него необходимы для работы МЧС, Минприроды, Минтранса и других заинтересованных ведомств. С российской стороны группировку должны представлять спутники «Монитор» и «Бауманец».

Назначение аппарата:

- контроль возобновляемых и естественных природных ресурсов;

- контроль за землепользованием и сельскохозяйственным производством определение площадей, перспективных для поиска полезных ископаемых;

- контроль ресурсов и экологии шельфа (для зарубежных заказчиков) – контроль чрезвычайных ситуаций;

- экологический контроль окружающей среды;

- обновление топографических карт.

Благодаря запуску спутника Беларусь сможет создать самостоятельную систему дистанционного зондирования Земли, которая позволит отказаться от услуг других государств по вопросам получения и обработки космической информации. С запуском спутника Республиканский гидрометеорологический центр получит детализированную информацию о разливах рек, состоянии посевов и снежного покрова, цветении водоемов. И, что принципиально, информацию собственную, ведь до этого Минск закупал данные у россиян и американцев. [4]

Заключение

В последние десятилетия в ряде регионов мира отмечается увеличение повторяемости, интенсивности и продолжительности экстремальных погодно-климатических проявлений. Катастрофические наводнения, засухи, ураганы, сели, резкие изменения температуры, пыльные бури, цунами и другие опасные природные явления уносят жизни людей и подрывают экономическое развитие.

Экстремальные проявления климатической изменчивости уже в ближайшее время могут привести к значительным потерям в сельскохозяйственном производстве, обеспечении населения водой, проблемам в энергетике, судоходстве, жилищном хозяйстве и других жизненно важных направлениях экономики и социальной инфраструктуры многих стран. По оценкам Всемирной метеорологической организации (ВМО), других международных организаций в настоящее время отмечается устойчивая тенденция увеличения материальных потерь и уязвимости общества вследствие усиливающегося воздействия опасных природных явлений.

Целью международного сообщества должно стать уменьшение уязвимости государств перед угрозой стихийных бедствий, а адаптация к последствиям изменения климата является наиважнейшей задачей для всех государств.

Усилия ученых направлены на исследование повторяемости климатических экстремумов и опасных гидрометеорологических явлений, на увеличение заблаговременности и повышение надежности прогнозов и предупреждений, выработку предложений по адаптации к происходящим и ожидаемым изменениям климата. Во многих странах мира при поддержке ВМО приоритетно выделяются работы по повышению гидрометеорологической безопасности, направленной на обеспечение защищенности личности, общества и государства от воздействия опасных экстремальных погодно-климатических проявлений. Важное место в этих работах уделено созданию и совершенствованию систем раннего обнаружения опасных гидрометеорологических явлений и прогнозированию их развития. Системы раннего обнаружения

должны охватывать как можно больше опасных явлений и базироваться на существующих национальных и региональных системах.

В настоящее время правительствами, деловыми и научными кругами, гражданским обществом все больше осознается необходимость разработки прогнозов климатических изменений и связанных с ними экстремальных явлений на ближайшую перспективу (5 – 20 лет). [4]

Будущая глобальная система наблюдений за климатом невозможна без спутниковой составляющей, т.к. космонавтика является областью концентрации новейших достижений человечества, вершиной научно-технического прогресса, средством решения глобальных, межгосударственных, государственных и региональных проблем.

Литература

1. Вопросы о погоде. Астапенко П.Д. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
2. Постановление СМ РБ от 14 октября 2008 г. № 1517 «О Национальной программе исследования и использования космического пространства в мирных целях на 2008–2012 гг.».
3. Климат ближайшего будущего. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. – Земля и Вселенная. №6 2004 г.
4. БелКА (спутник). Википедия – свободная энциклопедия. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/БелКА_\(спутник\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/БелКА_(спутник)).