

Ларин Сергей Николаевич

канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник

Соколов Николай Александрович

канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник

ФГБУН «Центральный экономико-математический институт РАН»

г. Москва

DOI 10.21661/r-472760

АНАЛИЗ ЗАРУБЕЖНОГО ОПЫТА ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ДВОЙНОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация: сохранение в современной экономике производств прежних технологических укладов несет существенные угрозы для экологической безопасности всей планеты. Решением этой проблемы за рубежом на межгосударственном уровне занимаются более тридцати лет. Однако реальных результатов, кроме принятия ряда основополагающих документов, получить пока не удалось. При этом во многих европейских странах и США предпринимаются серьезные усилия для организации экологического мониторинга и исследования возможных последствий изменения климата при помощи космических технологий двойного назначения. В данной статье раскрыт ряд направлений использования их инструментария для разработки экологической политики на международном и национальном уровнях.

Ключевые слова: изменения климата, экологические угрозы, космические технологии двойного назначения, мониторинг, экологическая политика.

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект № Проект 18-010-00122а «Прогнозирование развития территориальной и производственной инфраструктуры для использования технологий и изделий двойного назначения (на примере космической деятельности)».

Введение

Развитие мировой экономики до последних лет сопровождалось одновременным воздействием двух противоположных факторов на жизнедеятельность мирового сообщества. С одной стороны, информатизация и цифровизация экономики способствовали стремительному расширению спектра услуг, предоставляемых населению, и формированию других экономических выгод для производителей и потребителей продукции. Но, с другой стороны, преобладание в экономике производств прежних технологических укладов представляло все более существенные угрозы для обеспечения экологической безопасности всей планеты. При этом наибольший ущерб приходился на выбросы парниковых газов. Без их сокращения в течение следующих 10 лет более чем в два раза, процессы изменения климата могут стать необратимыми. В этой ситуации население нашей планеты столкнется с критическим повышением уровня моря, резкими колебаниями погодных условий и усилением их воздействия на среду обитания, повышением частоты эндемических и инфекционных заболеваний, существенным изменением климата на большей части нашей планеты. Пока будет сохраняться высокая зависимость экономики от использования углеводородного сырья и ряда других внешних факторов, уровень загрязнения окружающей среды будет возрастать.

В свете решения проблемы сокращения использования углеводородного сырья и выбросов парниковых газов ключевую роль призваны сыграть международные соглашения, такие как Киотский протокол [9]. В этом документе предусмотрен комплекс мер по борьбе с выбросами парниковых газов, разработке энергоэффективных технологий и их передаче в третьи страны, по обоснованию выгод и издержек от использования возобновляемых источников энергии, по переводу производств на новые институциональные и экономические режимы, обеспечивающие охрану окружающей среды.

В дополнение к Киотскому протоколу странами ОЭСР в мае 2001 года была принята Экологическая стратегия [6]. По результатам реализации стратегии проводятся ежегодные обзоры, в которых отмечаются достигнутые успехи на уровне

отдельных стран-участников. Уже в начальной стадии оказалось, что темпы реализации стратегии недостаточны для защиты биоразнообразия, решения проблем климатических изменений, снижения экологической нагрузки на экономический рост в ключевых секторах мировой экономики [7; 8].

По мнению многих ведущих ученых и экономистов значительный вклад в решение этих проблем могут внести космические технологии двойного назначения, например такие как дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), космические навигационные системы, передача спутниками солнечной энергии и др. Они смогут обеспечить на более высоком качественном уровне мониторинг состояния окружающей среды, управления потоками трафика сопутствующей информации, а в недалеком будущем получения возобновляемой энергии из космоса.

Основная часть

1. Использование космических технологий для разработки экологической политики

Космические технологии двойного назначения обладают реальными возможностями для сдерживания или устранения негативных последствий изменения климата. Прежде всего, их использование поможет более правильно понять предстоящие сложности в борьбе с изменениями климата и сокращением выбросов парниковых газов, организации реального мониторинга экологических процессов. Тем самым, они обеспечат важный вклад в разработку и эффективное осуществление экологической политики на национальном и международном уровнях.

Основной сложность в разработке экологической политики заключается в недостаточном понимании влияния процессов изменения климата на жизнедеятельность общества. Достаточно трудно определить эффективные меры для снижения вредных воздействий изменения климата. При этом наиболее серьезной является проблема определения затрат и сроков их реализации, поскольку для бизнеса и общества в целом они могут оказаться значительными.

Пока ученые только фиксируют стремительные изменения окружающей среды, темпы которых растут в геометрической прогрессии. Так, например, они

убедительно доказали, что со временем промышленной революции уровень углекислого газа на планете увеличился более чем на 25%, а около 40% всей территории земли трансформировано человеческой деятельностью до состояния близкого к наступлению необратимых последствий. Вместе с тем идут активные дискуссии о причинно-следственных связях между землями, океанами и атмосферой, существуют различные обоснования степени их воздействия на быстроту изменения последствий формирования будущих климатических условий. Кроме того, ученым необходимо в течение длительного периода времени сделать многие измерения и собрать информацию для построения достаточно точных моделей прогнозирования причин и последствий изменения климата. Эффективным способом сбора этой информации может стать использование космических «Дистанционных датчиков». Эти приборы могут измерять многие параметры на расстоянии и применяться в координации с наземными средствами измерений.

В Европе такого рода инициативы по развитию использования спутниковых данных наблюдения Земли были приняты еще в конце прошлого и начале нынешнего столетия. Так, еще в 1984 году был создан Комитет по спутникам наблюдения Земли (КЕОС). Он координирует гражданские космические миссии по наблюдению Земли для обеспечения необходимой информацией разработчиков экологической политики. В состав КЕОС входит ряд специальных рабочих групп, например, по борьбе со стихийными бедствиями или группа поддержки (DMSG) применения спутниковых данных в потенциально опасных зонах и другие.

Группа по наблюдению Земли (GEO) была основана в 2003 году. Она предназначена для укрепления сотрудничества и координации между глобальными наблюдениями космических и не космических систем. Основная цель GEO заключается в широкой координации глобальных стратегий гражданского наблюдения путем разработки десятилетних планов. В работе этой группы участвуют 29 организаций, включая КЕОС, которые представляют разные научные организации и космические агентства ряда стран [5].

В 2001 году Европейским космическим агентством и Советом Европейского союза была принята инициатива Европейского глобального мониторинга окружающей среды и безопасности (GMES) [3]. Ее результатом стало создание в 2008 году для Европы возможности наблюдения за Землей с обеспечением постоянного доступа к надежной и своевременной спутниковой информации о состоянии и эволюции окружающей среды в масштабах этого континента. В рамках этой инициатива работают космические и наземные системы, способные оперативно предоставить информацию для повышения защиты общества от стихийных бедствий, а также для удовлетворения конкретных запросов разработчиков европейской экологической политики.

Наконец, было организовано совместное партнерство по комплексной стратегии глобальных наблюдений (IGOS), основная цель которого заключается в сокращении наблюдений путем исключения ненужных повторов и согласовании проведения исследования с учетом общих интересов. IGOS фокусирует свое внимание на ограниченном числе тем, включая океаны, циклы углерода и воды, процессы эрозии земли, состояние прибрежных зон (включая коралловые рифы) и потенциальные геологические опасности. В состав партнерства входят 14 международных организаций, занимающихся наблюдением за компонентами глобальных экологических проблем, с точки зрения их исследования, как в долгосрочных, так и в оперативных программах.

В США Национальное управление по аeronавтике и исследованию космического пространства (НАСА) еще в 1990-х годах разработало систему наблюдения Земли (EOS) для систематического изучения экологического состояния нашей планеты. Эта система предоставляет максимальный объем данных для понимания причин изменения климата на мировом уровне. Она имеет три основных компонента:

- 1) сеть спутников специально предназначенных для изучения сложных глобальных изменений;
- 2) сеть современных компьютеров для обработки, хранения и распространения данных (EOSDIS);

3) команды ученых, которые получают данные с космических спутников и изучают их по всему миру.

Сеть спутников включает в себя три основных спутника:

– *Terra*, который обеспечивает получение и сбор глобальных данных о состоянии атмосферы, суши и океанов, их взаимодействиях друг с другом, а также влиянии на них солнечного излучения;

– *Aqua*, который предназначен для проведения многодисциплинарных исследований взаимосвязанных процессов в атмосфере, океанах и на поверхности земли, а также установления их связи с изменениями в экологической системе Земли;

– *Aura*, который проводит измерения состава и превращений атмосферных газов для изучения химической динамики от земной атмосферы до мезосферы нашей планеты [1].

Основные спутники EOS дополняет ряд узкоцелевых спутников, разработанных в сотрудничестве с международными партнерами. К ним относятся: созданный Японским агентством аэрокосмических исследований (JAXA) спутник *TRMM*, который измеряет интенсивность тропических осадков во времени; спутник *Джейсон-1*, созданный совместно французским космическим агентством и Центром национальных исследований космоса Испагтт d'Études Spatiales (CNES); спутник немецкого аэрокосмического исследовательского центра (DLR, Deutsche Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt), который осуществляет серию экспериментов по гравитации и климату (*GRACE*).

Связанные инициативы включают мониторинг экосистем тропических лесов (проект наблюдения со спутников *TREES*) и поверхности океанов, а также формирование недельных карт индексов глобального растительного покрова, через использование инструментария космических технологий двойного назначения, расположенных на спутниках *SPOT-4* и *SPOT-5* [3].

Эти результаты были дополненной работой, проведенной космическим Институтом Италия (SAI), в которой данные дистанционного зондирования

использовались для прогнозирования урожая и мониторинга сельского хозяйства (программа МАРС) на основе получения спутниковых оптических изображений.

Таким образом, космические технологии двойного назначения обладают мощным инструментарием ДЗЗ, который позволяют представить Землю как динамическую, интегрированную и интерактивную систему суши, воды, атмосферы и биологических процессов. Космические технологии ДЗЗ и их инструментарий можно использовать для картографирования и прогнозирования процессов, связанных с изменениями климата, например, такими как, измерения тропических осадков, оценки состояния растительного покрова, мониторинга потерь арктического ледяного покрова в реальном времени, возникновения ураганов и пыльных бурь, а так же влияния на климат сельскохозяйственных и промышленных отходов и др. Кроме того, может быть измерена температура поверхности моря и выявлены «горячие точки», в которых необычно высокие температуры угрожают биологическому разнообразию коралловых рифов, определяющих условия жизнедеятельности более 30 млн. человек в мире.

В дополнение к глобальным проблемам климата космические технологии двойного назначения позволяют контролировать изменение во времени определенных ситуаций в регионах и, тем самым, могут способствовать прогнозированию возможной деградации окружающей среды (например, ухудшение параметров воды или загрязнение грунта) и планированию мер противодействия этому положению.

2. Использование космических технологий в реализации политики сокращения выбросов парникового газа

Космические технологии двойного назначения могут использоваться для контроля реализации политики сокращения выбросов парниковых газов, в том случае, когда национальные правительства принимают международные соглашения, рыночные квоты и согласны платить налоги, которые формируют рынок и позволяют связывать финансовые платежи в зависимости от количественных ограничений по выбросам. Данный подход может быть реализован при поддержке космических технологий двойного назначения ДЗЗ.

В своей работе С. Барретт [2] убедительно доказывает, что главным препятствием организации эффективного контроля за окружающей средой в рамках международных договоров являются отсутствие практики правоприменения и заслуживающий доверия инструментарий мониторинга. Наличие значительного потенциала космических технологий двойного назначения ДЗЗ как инструмент мониторинга и обеспечения, учитывая его все более полное спектральное и пространственное разрешение, а также способность четко разделять деятельность по географическим границам подчеркивают в своих трудах М.К. Маколей и Т.Дж. Бреннан [4].

Космические технологии ДЗЗ и используемый ими инструментарий могут быть полезны для контроля либо самих источников добычи углеводородного сырья, либо множество источников фактических выбросов парниковых газов. Например, эти технологии могут успешно использовать для контроля выбросов метана, который является мощным парниковым газом, оказывающим вредное воздействие на климат. Оно почти в 20 раз больше, чем у двуокиси углерода, хотя последний фактор обсуждается значительно чаще. Следовательно, инструментарий космических технологий ДЗЗ может быть экономически эффективным вариантом управления сокращением выбросов парниковых газов.

Использование инструментария космических технологий ДЗЗ может представлять более точные данные измерений по учету биологического хранения углерода в листве деревьев, корнях растений, почвах и т. д., путем мониторинга, в координации с наземными системами контроля изменений в землепользовании, таких как вымирание и / или восстановление лесов. Согласно Киотскому протоколу, статус поглотителей углерода в качестве инструмента экологической политики для контроля выбросов парниковых газов по-прежнему не определен окончательно. В связи с этим использование инструментария космических технологий ДЗЗ в лесохозяйственной практике может оказать существенное влияние на баланс между накопленным углеродом и содержанием диоксида углерода в атмосфере.

На межправительственном уровне первое рассмотрение проблем изменения климата имело место в конце 1990-х годов, когда многие страны подписали Рамочную конвенцию Организации Объединенных Наций (ООН) об изменении климата. Одновременно ее участники начали рассмотрение вопроса о возможных мерах для сокращения глобального потепления и снижения темпов роста температуры на планете. В конце 2004 года вступило в силу дополнение к Рамочной конвенции ООН, названное Киотским протоколом, который включил в себя более мощные и юридически обязательные меры.

Протокол имеет обязательные целевые показатели для контроля выбросов парниковых газов для ведущих мировых стран, которые его приняли. Контрольные показатели варьируются от сокращения на 8% к увеличению 10% от отдельных уровней выбросов 1990 года в странах, с целью сокращения их общих выбросов таких газов по меньшей мере на 5% ниже существующих уровней 1990 года в период действия обязательств по Протоколу на период с 2012 по 2018 годы.

Методология сокращения выбросов парниковых газов опирается на удаление углекислого газа из атмосферы либо на своей территории, либо на территории других стран. Для этого было создано несколько инновационных механизмов, таких как «торговля выбросами» (статья 17 Киотского протокола) и другие. В результате страны, которые не могут достичь установленного для них показателя, получили возможность оплачивать зарубежные проекты (квоты других стран), которые приводят к сокращениям выбросов парниковых газов [8].

Обязательства по Протоколу варьируются по странам. Общий 5% целевой показатель для развитых стран должен быть достигнут путем сокращения с 8% к уровню 1990 года в странах Европейского Союза, Швейцарии, и большинства центральных и восточноевропейские страны; 6% в Канаде; 7% в США (хотя сегодня США отказались от поддержки Протокола); и 6% в Венгрии, Японии и Польши. Новая Зеландия, Россия и Украина должны стабилизировать свои выбросы, в то время как Норвегия могла увеличить выбросы до 1%, Австралия до 8% (вслед за США Австралия так же отказалась от поддержки Протокола) и

Исландии – до 10%. В странах ЕС было заключено внутреннее соглашение для достижения 8%-го показателя, в котором всем его членам были распределены свои ставки.

Заключение

На основании полученных результатов можно сделать следующие выводы:

1. Развитие мировой экономики необходимо переориентировать на ускоренный переход к новым экологически чистым технологическим укладам. Сохранение производств прежних технологических укладов сегодня представляет существенные угрозы для экологической безопасности всей планеты. При этом наибольший ущерб приходился на выбросы парниковых газов.

2. Решение проблем экологической безопасности на межгосударственном уровне продолжается уже более 30 лет. Однако, кроме принятия ряда основополагающих документов (Киотский протокол), реализации других реально значимых проектов не осуществлялось по целому ряду причин, прежде всего, финансового характера. Более того, в настоящее время такие страны как США и Австралия вышли из числа стран, признающих Киотский протокол.

3. Установлено, что значительный вклад в решение проблем экологической безопасности могут внести космические технологии двойного назначения, например такие как дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ), космические навигационные системы, передача спутниками солнечной энергии и др.

4. Использование космических технологий двойного назначения и полученные с их помощью данные способствуют разработке экологической политики на национальном и международном уровнях, а также исследованию изменений климата и организации реального мониторинга экологических процессов.

Список литературы

1. Данные официального сайта NASA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aqua.nasa.gov/>
2. Barrett S. Environment and Statecraft: The Strategy of Environmental Treaty-Making // Oxford University Press. – Oxford, 2003.

3. Brachet G. From Initial Ideas to a European Plan: GMES as an Exemplar of European Space Strategy // Space Policy. – 2004. – Vol. 20. – P. 7–15.
4. Macauley Private Eyes in the Sky: Implications of Remote Sensing Technology for Enforcing Environmental Regulation / Macauley, K. Molly, Timothy J. Brennan // In Paul S. Fischbeck and R. Scott Farrow (eds.) / Improving Regulation: Cases in Environment, Health, and Safety, Resources for the Future, Washington, DC. – 2001. – P. 310–334
5. GEO – Group on Earth Observations. Strategies for Stewardship – Development of a Global Observation System // World Meteorological Organization, 56th Executive Council. – 15 June 2004.
6. OECD «Environmental Strategy for the First Decade of the 21st Century» adopted by OECD Environment Ministers (OECD, Paris, 16 May 2001).
7. OECD «Outcomes of the Meeting of the Environment Policy Committee at Ministerial Level» (OECD, Paris, 20–21 April 2004).
8. OECD, «OECD Environmental Strategy: 2004 Review of Progress, Policy Brief» // OECD Observer / (OECD, Paris, April 2004).
9. UNFCCC – United Nations Framework Convention on Climate Change (2004), Kyoto Protocol [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://unfccc.int/2860.php>