

## **«Спутниковый проект GOSAT для мониторинга парниковых газов»**

**1) Уважаемый Александр Николаевич, спасибо, что согласились ответить на наши вопросы. Расскажите, пожалуйста, о существующих методах мониторинга выбросов парниковых газов. В чём преимущества и недостатки существующих спутниковых методов?**

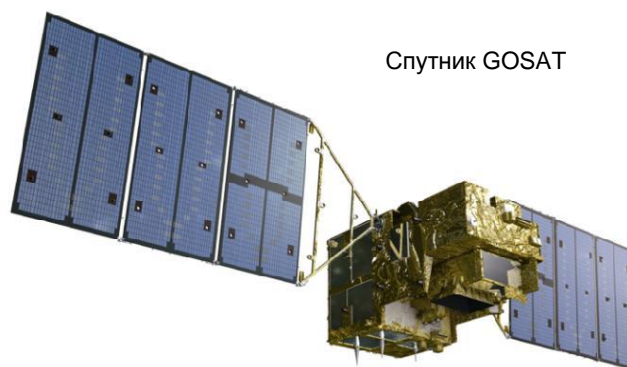
Определение величины источников и стоков ПГ и относительной роли естественных и антропогенных факторов является на сегодняшний день актуальной задачей. Для решения этой задачи используются два взаимодополняющих подхода.

Первый подход состоит в непосредственном измерении локальных потоков ПГ с помощью наземных и мачтовых приборов, использовании моделей взаимодействия атмосферы с биосферой и океаном, а также инвентаризации промышленных выбросов. Преимуществом такого подхода является достаточно высокая точность локальных измерений потоков ПГ. С другой стороны низкая плотность и пространственная неоднородность этих наблюдений не позволяют корректно экстраполировать эти данные на глобальную сетку.

Второй подход основывается на использовании обратного моделирования и глобальных данных концентрации ПГ в атмосфере. Для реализации такого подхода используются данные наземных, самолётных и спутниковых наблюдений, а также модели переноса, связывающие эмиссии ПГ с их измеряемыми концентрациями. Интенсивность источников/стоков интересующей нас компоненты определяются из условия минимизации разности модельных и измеренных значений концентрации этой компоненты. В такого рода задачах оптимизации обычно используется априорная информация о потоках, которую как раз можно получить, используя упомянутый выше первый подход. Качество корректировки этих априорных потоков на основе обратного моделирования будет возрастать с увеличением количества и точности измерений концентрации ПГ. В этой связи спутники являются единственным средством, обеспечивающим непрерывность и глобальность наблюдений. Единственным ограничением использования спутниковых измерений является их точность. Возьмём, например, диоксид углерода, который является основным ПГ, включающим антропогенную составляющую. Проблема оценок эмиссий диоксида углерода на основе обратного моделирования заключается в том, что информация об этих эмиссиях содержится в небольших вариациях (единицы млн<sup>-1</sup>) концентрации этой компоненты на уровне больших фоновых значений (~380 млн<sup>-1</sup>), что обуславливает необходимость высокой точности измерений (не хуже 1%). На сегодняшний день у существующих и планируемых спутниковых приборов точность уже достаточна для проведения оценок глобальных потоков ПГ.

**2) Вы участвуете в японском проекте спутникового мониторинга ПГ GOSAT. Расскажите об основных особенностях этого проекта.**

В рамках проекта GOSAT мы работаем совместно с группой моделирования, возглавляемой заместителем руководителя проекта GOSAT заведующего сектором Института Исследования Окружающей Среды (NIES) Японии Шамилом Шавратовичем Максютковым. Наша деятельность в проекте включает разработку и применение моделей переноса примесей с целью прямого/обратного моделирования концентраций/эмиссий ПГ, а также моделирования перистых облаков, влияющих на восстановление интегральной толщи ПГ.



Японский спутник GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite) был запущен 23 января 2009 г. Это первый в мире спутник, который исключительно направлен только на измерение ПГ – диоксида углерода и метана. В задачи проекта входит исследование глобального распределения парниковых газов, их изменчивости и механизмов, регулирующих углеродный баланс. Конечной целью проекта является определение эмиссий/стоков диоксида углерода и метана на основе спутниковых данных и обратного моделирования на субконтинентальном масштабе (для регионов площадью в несколько тысяч километров).

В настоящее время данные GOSAT активно используются, в том числе и нашей группой, для определения глобальных потоков ПГ. Наши аспиранты - А.В.Ганьшин и Р.В.Журавлёв разработали совмещённую сеточную/траекторную модель переноса ПГ и алгоритм восстановления поверхностных потоков диоксида углерода с использованием этой модели и данных GOSAT. Получены первые результаты, которые проходят валидацию, в частности путем сравнения с результатами полученными группами во Франции, Голландии, Великобритании и Японии.

**3) Какие в настоящее время существуют аналогичные спутниковые проекты? Что известно о планируемых в ближайшее время новых проектах?**

В настоящее время кроме GOSAT наблюдения за содержанием ПГ проводятся со спутников ENVISAT (прибор SCIAMACH) , AURA(прибор TES), AQUA (прибор AIRS). В будущем планируются запуски спутников OCO-2 (NASA), GOSAT-2 (JAXA), CARBONSAT (ESA), на которых будут установлены более высокоточные приборы и с большим пространственным разрешением, позволяющие непосредственно фиксировать

источники антропогенных эмиссий. Насколько я знаю, в России также ведутся работы по организации мониторинга ПГ - метана и двуокси углерода в атмосфере из космоса. Институт Космических Исследований (ИКИ) РАН изготовил прибор «Русалка», который уже успешно прошёл испытания на борту Международной Космической Станции (МКС).

**4) Использование данных GOSAT. Каков механизм? Можно ли используя эти данные оценить выбросы того или иного промышленного региона за месяц, год, несколько лет? Могут ли в принципе спутниковые данные быть использованы для определения или проверки данных о выбросах, особенно тех стран, которые не предоставляют ежегодно в Секретариат РКИК данные о национальных выбросах?**

Да, полученные результаты могут быть использованы не только для изучения, но и решения проблем, связанных с изменением климата и, в частности, для независимой верификации проводимой инвентаризации выбросов ПГ. В настоящее время с помощью GOSAT имеется возможность наблюдать концентрацию ПГ непосредственно в точках выбросов, как, например, крупные тепловые электростанции. Правда, пока требуемая точность измерений еще не достигнута.

**5) Могут ли быть использованы спутниковые данные GOSAT для уточнения выбросов естественных экосистем, например, болотных территорий?**

Если для антропогенных выбросов можно проводить оценки на основе инвентаризации сжигаемого топлива (кадастровые оценки антропогенной составляющей потоков двуокси углерода в Европе, например, определены с точностью 1-5%), то для природных потоков/стоков неопределённость этих оценок значительно выше. Обычно, как я уже говорил выше, на основе наземных высокоточных измерений биосферных потоков в нескольких точках экстраполируют полученные значения на области с аналогичными природно-климатическими свойствами, что не всегда правомерно. Очевидно, что огромное количество спутниковой информации, особенно по мере повышения точности и пространственного разрешения измерений, позволит более точно проводить такие оценки. Одна из задач, которую могут помочь решить спутниковые измерения – определить, где же все-таки больше естественный сток углерода – в бореальных лесах Северного полушария или в тропиках.

**Публикации группы А.Н.Лукиянова по данной тематике:**

Zhuravlev, R., Khattatov, B., Kiryushov, B., and Maksyutov, S.: Technical Note: A novel approach to estimation of time-variable surface sources and sinks of carbon dioxide using empirical orthogonal functions and the Kalman filter, *Atmos. Chem. Phys.*, 11, 10305-10315, doi:10.5194/acp-11-10305-2011, 2011.

Belikov, D., Maksyutov, S., Miyasaka, T., Saeki, T., Zhuravlev, R., and Kiryushov, B.: Mass-conserving tracer transport modelling on a reduced latitude-longitude grid with NIES-TM, *Geosci. Model Dev.*, 4, 207-222, doi:10.5194/gmd-4-207-2011, 2011.

Ganshin, A., Oda, T., Saito, M., Maksyutov, S., Valsala, V., Andres, R. J., Fisher, R. E., Lowry, D., Lukyanov, A., Matsueda, H., Nisbet, E. G., Rigby, M., Sawa, Y., Toumi, R., Tsuboi, K., Varlagin, A., and Zhuravlev, R.: A global coupled Eulerian-Lagrangian model and 1 × 1 km CO<sub>2</sub> surface flux dataset for high-resolution atmospheric CO<sub>2</sub> transport simulations, *Geosci. Model Dev.*, 5, 231-243, doi:10.5194/gmd-5-231-2012, 2012.

Zhuravlev R., Ganshin A., Maksyutov S., Oshchepkov S., Khattatov B.: "Estimating global fluxes of CO<sub>2</sub> for 2009-2010 using station and space-borne (GOSAT) observation data with empirical orthogonal functions", *Atmospheric and oceanic optics, special issue*, (submitted).

Ганьшин А.В., Журавлев Р.В., Максютов Ш.Ш., Лукьянов А.Н., Мукаи Х., Моделирование вклада континентальных антропогенных источников в изменчивость концентраций CO<sub>2</sub> в зимний период на острове Хатерума, *Оптика атмосферы и океана* (передано в редакцию).

**Дополнительно:** GOSAT (Greenhouse Gases Observing Satellite) [http://www.gosat.nies.go.jp/index\\_e.html](http://www.gosat.nies.go.jp/index_e.html) ■