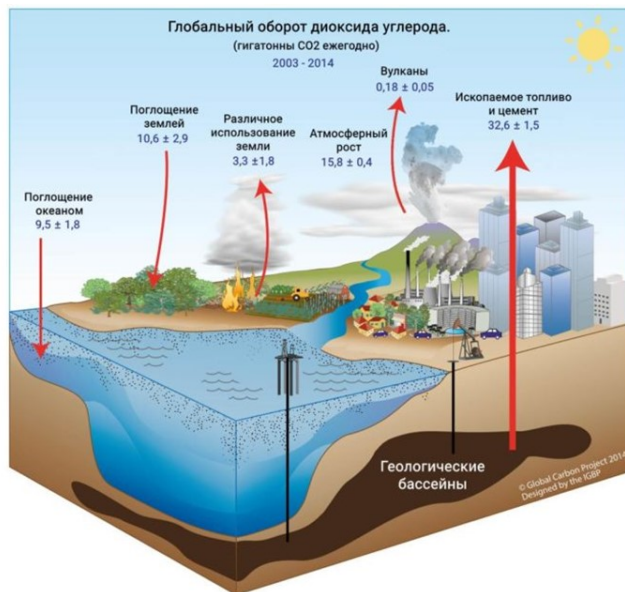


Различные химические элементы постоянно перемещаются между атмосферой, океаном, сушей и живыми организмами, обитающими там. Это явление называется круговорот веществ в природе. Особенный интерес для современной экологии составляет круговорот углерода, ведь он входит в состав самых распространенных парниковых газов: углекислого газа и метана. С ним очень тесно связаны живые существа, ведь углерод, по сути, является основой органических соединений, из которых они состоят.

Глобальный углеродный баланс

Глобальный углеродный баланс - это баланс потоков углерода в процессе круговорота углерода между резервуарами, а именно сушей, атмосферой и океаном.

Углерод входит в состав самых распространенных парниковых газов: **углекислого газа и метана.**



Глобальный углеродный баланс - это баланс потоков углерода в процессе круговорота углерода между резервуарами, а именно сушей, атмосферой и океаном. В своем естественном состоянии потоки углерода выглядят следующим образом: углекислый газ выделяется в атмосферу из океана и в процессе жизнедеятельности организмов, например, их дыхания. Углекислый газ выделяется не только животными, но и растениями, а также микроорганизмами. Попавший в атмосферу углерод, однако, не остается там навсегда: например, растения поглощают углерод из атмосферы в процессе осуществления фотосинтеза. В результате этого процесса углекислый газ, грубо говоря, соединяется с водой в растениях и превращается в органические вещества, которые служат для растения источником энергии и строительным материалом. Одна часть углерода поглощается почвой, другая растворяется в водах океана, откуда поглощается морскими живыми организмами.

И на суше, и в воде углерод способен надолго покинуть круговорот. Вспомните каменный уголь, который является остатками древних растений, обитавших на земле миллионы лет назад. Уголь состоит из того самого углерода, который растения поглощали в процессе фотосинтеза. По различным причинам эти растения не смогли до конца разложиться и были погребены под землей, не давая возможности углероду вернуться в атмосферу. Часть углерода в океане соединяется с кальцием и в составе карбоната кальция оседает на дно, где хранится до того момента, как океанское дно не окажется сушей. Таким образом формируется известняк.

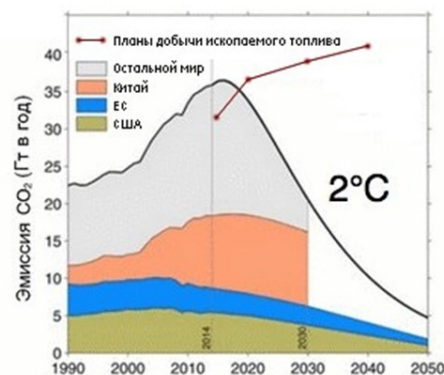
В таком состоянии потоки углекислого газа уравновешены, все его источники и поглотители являются естественными. Однако, антропогенное воздействие нарушает углеродный баланс. Интенсивная вырубка леса и сельское хозяйство стали способствовать попаданию все большего

количества углерода в атмосферу. В 20-м веке человечество стало повсеместно использовать ископаемое топливо в огромных количествах. Люди стали всё в возрастающем количестве сжигать уголь, нефть, газ. Значительные изменения произошли в землепользовании: возводятся города, строятся дороги, вырубаются леса, осушаются болота, затапливаются земли, распаивается целина. Все это приводит к накоплению в атмосфере углерода и метана, которые, как мы знаем, приводят к глобальному потеплению климата. На данный момент четверть углерода в атмосфере имеет антропогенную природу.

Парижское соглашение

В целях борьбы с изменениями климата и его негативными последствиями множеством стран по всему миру в 2015 г. было принято **«Парижское соглашение»**.

Главная цель соглашения - существенное сокращение глобальных выбросов парниковых газов и ограничение повышения глобальной температуры в этом столетии **до 2 °C**



После принятия Парижского соглашения в 2015 г. страны-участники, в том числе Россия, приняли на себя обязательства по сокращению выбросов парниковых газов. Но как проконтролировать, что обязательства выполняются? Как понять, насколько интенсивно в данный момент происходит накопление углекислого газа? Как понять, на что обратить внимание? Для этого существуют различные методы мониторинга парниковых газов.

Погодные обсерватории

Старейшая погодная обсерватория, непрерывно ведущая мониторинг содержания углекислого газа находится на острове Гавайи, США.

Подобная обсерватория есть и у нас — например, обсерватория Эрнста Кренкеля на земле Франца-Иосифа.



Один из старейших методов мониторинга – погодные обсерватории. Старейшая погодная обсерватория, непрерывно ведущая мониторинг содержания углекислого газа находится на острове Гавайи, США. Это место находится недалеко от центра самого большого в мире океана и недалеко от вершины самой высокой подводной горы в мире – Мауна-Кеа. Нетронутый воздух, удаленное расположение и минимальное влияние растительности и человеческой деятельности идеально подходят для мониторинга парниковых газов. Подобная обсерватория есть и у нас – это обсерватория Эрнста Кренкеля на земле Франца-Иосифа.

Спутниковый мониторинг

Среди известных спутниковых миссий – орбитальные углеродные обсерватории NASA, японский спутник GoSat, китайский TanSat.

Для изучения атмосферы спутники используют спектрометры, которые работают в инфракрасном диапазоне.



Японский спутник GoSat, первый в мире спутник, измеряющий концентрацию углекислого газа и метана в атмосфере

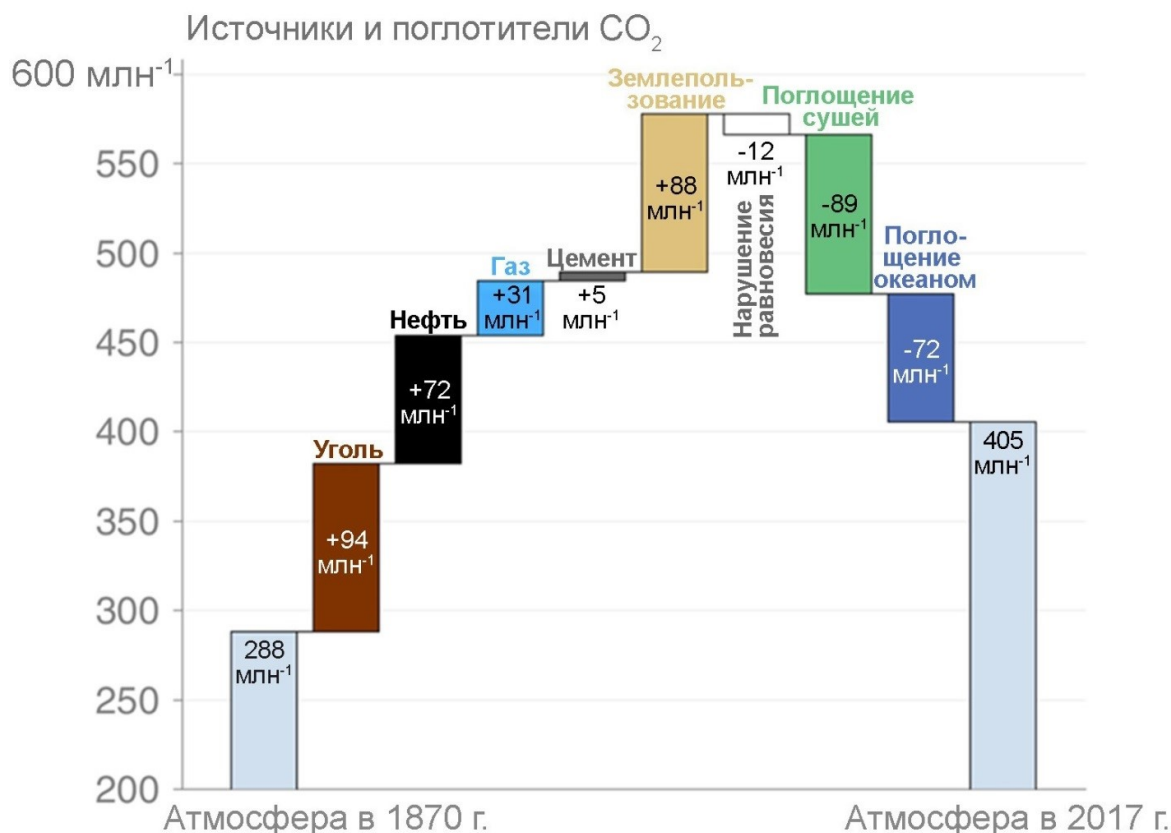
Современные технологии позволяют определять уровень парниковых газов не только с поверхности земли. Космические спутники отлично справляются с этой задачей. Среди известных спутниковых миссий – орбитальные углеродные обсерватории NASA, японский спутник GoSat, китайский TanSat. В России также планируется ввести свою орбитальную группировку спутников, предназначенных для мониторинга, ее разработка ведется с 2021 года. Для изучения атмосферы спутники используют спектрометры, которые работают в инфракрасном диапазоне. Именно с его помощью удобнее всего работать с парниковыми газами, поскольку они являются оптически-активными.

Подсчет сожжённых нефти и газа

Зная, примерное количество парниковых газов, выделяющихся при сжигании определенного объема топлива, можно прикинуть, насколько после этого была загрязнена атмосфера. Во всех странах сжигание топлива — предмет строгой статистической отчетности.



Еще один способ узнать примерное количество парниковых газов, попавшее в атмосферу — посчитать количество сожженных нефти и газа. Зная, примерное количество парниковых газов, выделяющихся при сжигании определенного объема топлива, можно прикинуть, насколько после этого была загрязнена атмосфера. Во всех странах сжигание топлива — предмет строгой статистической отчетности.



© Global Carbon Project • Data: CDIAC/GCP/NOAA-ESRL/UNFCCC/BP/USGS

Вообще, недостаточно посчитать одно только количество выделяемых парниковых газов. При расчете выбросов учитывается, например, поглощение углекислого газа лесными, болотными и

другими экосистемами. В России площадь лесов стремительно растет, и с 2010 года она увеличилась более чем на 4 млн. гектаров. Соответственно, территория России внесла большой вклад в поглощение атмосферного углекислого газа.

Наиболее сложным и эффективным способом мониторинга углеродного баланса является динамическое моделирование выбросов и поглощения углерода. Для этого, экологи создают модели, которые способны учитывать все факторы, влияющие на баланс углерода и парниковых газов на территории страны. Самым правильным решением для построения такой модели будет создание системы специальных участков, включающих все климатические зоны, типы почв, системы использования земель, на которых с течением времени будет происходить регулярное измерение запасов углерода. Именно для решения этой проблемы на территории нашей страны была создана система карбоновых полигонов.

Карбоновые полигоны

Территории с уникальной экосистемой, созданные для реализации мер контроля климатических активных газов с участием университетов и научных организаций.

Планируемые в рамках пилотного проекта полигоны при организациях Минобрнауки России



Карбоновые полигоны – это один или несколько участков земной поверхности с репрезентативными для данной территории рельефом, структурой растительного и почвенного покрова, созданные для реализации мероприятий, направленных на развитие научного, кадрового и инфраструктурного потенциалов в области разработки и испытаний технологий контроля баланса климатических активных газов природных экосистем.

Что изучают на карбоновых полигонах?

- Измерение и мониторинг потоков парниковых газов: углекислый газ, метан, закись азота и др.
- Организация исследований потенциала поглощения парниковых газов различными способами, образовательная деятельность, международное сотрудничество.
- Отработка технологий сокращения углекислого газа в атмосфере за счет его перевода в углерод биомассы или почву



Деятельность карбоновых полигонов многогранна. Центральная роль каждого полигона – измерение и мониторинг потоков парниковых газов. Формально к парниковым газам относится и водяной пар, однако его вклад в парниковый эффект в масштабах последних десятилетий не настолько существен по сравнению с углеродсодержащими газами. Другие роли карбоновых полигонов – организация исследований в отношении потенциала поглощения парниковых газов различными способами, образовательная деятельность, международное сотрудничество. Еще одна важная цель полигонов - отработка технологий депонирования атмосферного углекислого газа в биомассе, почве, водной среде, то есть сокращение углекислого газа в атмосфере за счет его перевода в углерод биомассы или почву. Именно эти технологии лягут в основу индустриальных природно-климатических проектов.

Планируемые в рамках пилотного проекта полигоны при организациях Минобрнауки России



Карбоновые полигоны могут занимать различные типы ландшафтов – леса, пашни, степи, болота, прибрежные и морские территории. На данный момент на территории нашей страны действует 17

карбоновых полигонов, находящихся в различных регионах, от Калининграда до Сахалина. Общая площадь полигонов – более 39 тысяч гектаров.

Полигон «Карбон-Поволжье»

Полигон занимает 57 гектаров. Основной тип ландшафта полигона – лес, также затрагиваются реки и водохранилища. На карбоновом полигоне проходит реализация многочисленных образовательных программ Казанского федерального университета, а также летние школы в рамках различных детских лагерей.



**КАРБОН
ПОВОЛЖЬЕ**
казанский федеральный университет



На территории республики Татарстан тоже действует карбоновый полигон – «Карбон Поволжье», который занимает 57 гектаров. Основной тип ландшафта полигона – лес, пашни и водохранилище. На территории полигона проведены почвенные исследования, получены данные по выделению и поглощению диоксида углерода, а также водяных паров с листовой поверхности у растений разных видов, получены списки видов растений и грибов. На карбоновом полигоне проходит реализация многочисленных образовательных программ Казанского федерального университета, а также летние школы в рамках различных детских лагерей. Будущие ученые используют полигон для подготовки магистерских и кандидатских диссертаций.