

**Семинар Института глобального климата и экологии
Росгидромета и РАН (ИГКЭ)**

26 февраля 2018 года

SUMMARY

(составлено А.А. Рудковой, ИГКЭ, ИГ РАН)

Состоялся доклад д.ф.-м.н. **СЕМЕНОВА Сергея Михайловича** «Глобальный мониторинг современных концентраций CO_2 , CH_4 и N_2O : результаты и цели» (ИГКЭ; ИГ РАН). С развернутым комментарием выступил к.г.н. **ГРОМОВ Сергей Аркадьевич** (ИГКЭ; ИГ РАН). Председательствовал д.ф.-м.н. Криволуцкий Алексей Александрович (ЦАО).

Семенов С. М. (ИГКЭ): Добрый день, уважаемые коллеги! Мы сегодня опять собрались поговорить, что называется, «за науку». Поскольку я сегодня буду делать доклад, то председательствовать будет Алексей Александрович Криволуцкий. Алексей Александрович защитил в прошлом году докторскую диссертацию по физике атмосферы, и его недавно утвердили. Давайте его поздравим по этому поводу (аплодисменты).

Криволуцкий А. А. (ЦАО): Спасибо.

Семенов С. М. (ИГКЭ): Разговаривать я буду, как обычно, в пределах часа. Постараюсь побыстрее. А Сергей Аркадьевич Громов будет потом комментировать.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Ну, давайте послушаем доклад Сергея Михайловича Семенова «Глобальный мониторинг современных концентраций CO_2 , CH_4 и NO_2 : результаты и цели». Это суперсовременная и актуальная тема.

Семенов С. М.: ДОКЛАД (расширенные тезисы прилагаются).

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо! Давайте поблагодарим (аплодисменты). Вопросы, пожалуйста.

Саранча Д.А. (Вычислительный Центр РАН): Есть такие данные, что на климат влияют, в основном, пары воды. Что Вы можете сказать про концентрацию паров и что об этом думаете?

Семенов С.М.: Базовый парниковый эффект, ну, который был, скажем 300 лет тому назад, в основном обеспечивался содержанием водяного пара. И

сейчас это справедливо. Но если говорить о том, чем вызвано современное усиление парникового эффекта, то не водяным паром. У нас просто сил не хватит существенно увеличить его содержание в атмосфере - его очень много в атмосфере. Его есть там примерно 1% , немного меньше. За последние 100 лет изменений практически никаких (изменения мизерные), а содержание CO_2 увеличилось примерно на 40%, метана – в разы, благодаря нашим «успехам». Т. е. если говорить о том, какой газ делает наибольший вклад в современное усиление парникового эффекта, то это не водяной пар. А базовый парниковый эффект - да, конечно, тут водяной пар – первая скрипка. Спасибо.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Ответ прозвучал. Пожалуйста.

Нахутин А.И. (ИГКЭ): Сейчас, как известно, ВМО развивает целую программу по данным дистанционного зондирования парниковых газов - выбросов и концентраций. Предполагается, что такие методы могут быть применены к разным источникам – от континентальных до сравнительно мелких. Вопрос такой: какова точность этих методов? Дело в том, что там ведь учитываются атмосферные параметры, которые сами по себе известны с небольшой точностью. Насколько это перспективно с точки зрения изучения выбросов?

Семенов С.М.: Это тяжелый вопрос, Александр Ильич. Не мне Вам говорить, что те данные инвентаризации CO_2 , метана и закиси азота, которые сейчас используются в Рамочной Конвенции ООН об изменении климата (РКИК ООН), чрезвычайно неточны. Если посмотреть европейский проект EDGAR, посмотреть какие, так сказать, доверительные интервалы, если можно это назвать доверительными интервалами, они дают для выбросов, то точность получается небольшая. Да, если использовать спутниковые данные о выбросах и концентрациях парниковых газов, тоже ошибки тоже будут немалые. Мне трудно высказываться, я всё-таки не специалист в дистанционном мониторинге. У меня такое ощущение, судя по картам, которые публикуются, судя по потоку статей, которые пишутся на эту тему, что там перспектива несколько лучшая. Т. е. использование спутниковых данных – это правильный путь, мне кажется.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Так, ещё, пожалуйста, вопросы.

Саранча Д. А. (ВЦ РАН): Про влияние океана на уровень CO_2 можете рассказать?

Семенов С.М.: Могу рассказать. Сейчас картинку найду. Она мелкая, но я постараюсь. Вот смотрите. Обмен CO_2 между океаном и атмосферой - примерно 90 Гт С в год (т.е. CO_2 измеряется содержанием углерода). Причем, поток в океан больше, чем из океана, примерно, на 2.3 Гт С в год. Это данные за последнее десятилетие XX века. Обмен CO_2 с сушей – примерно 60 Гт С в год. Считается, что суша поглощает чуть больше, чем выделяет, на 0.7 ± 1.0 . Это было в последние 10 лет прошлого века. В первом приближении можно считать, что весь растительный покров суши ничего не даёт в смысле поглощения CO_2 .

Чтобы не было недоразумений: речь идет о данном, фиксированном покрове. Если мы вдруг 1 га сельхозугодия переведем в лес, то ситуация улучшится, поскольку на дополнительном гектаре будет связано на постоянной основе в непарниковом состоянии больше углерода, чем раньше.

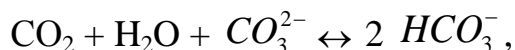
Океан в последнее десятилетие XX века давал нетто-поглощение 2.3 Гт С в год. Т. е. океан забирал ежегодно примерно 1/3 того, что выбрасывал в атмосферу человек в ходе хозяйственной деятельности.

Заметим: когда концентрация CO_2 в атмосфере увеличивается, температура в приповерхностном слое повышается. Кроме того, он закисляется. А более теплый приповерхностный слой с меньшим pH хуже поглощает CO_2 - растворимость CO_2 уменьшается. Вот такой эффект тоже есть. Спасибо.

Саранча Д.А. (ВЦ РАН): Как влияет биота океана - фитопланктон и т. п.?

Семенов С.М.: В океане углерод находится в составе:

- растворенных неорганических соединений (DIC - dissolved inorganic compounds), а именно физически растворенного CO_2 (не-ионная форма, примерно 1% от общего содержания DIC), бикарбонат-иона HCO_3^- (91%) и карбонат-иона CO_3^{2-} (8%); между этими формами углерода в океане поддерживается состояние динамического равновесия



которое определяется парциальным давлением CO_2 в приповерхностном слое воздуха; в формировании этого равновесия участвует процесс выведения углерода из океана в донные отложения в виде карбоната кальция CaCO_3 , а также условия среды в океане, в том числе температура и pH;

- живых организмов;
- растворенных органических соединений (DOC - dissolved organic compounds);
- взвешенных органических соединений (POC - particulate organic compounds).

Углерод, находящийся в океане в неорганической форме, переходит в биомассу фотосинтезирующих организмов (в основном, фитопланктона) в поверхностном эуфотическом слое океана в процессе фотосинтеза. Далее углерод «путешествует» по трофическим цепям. Частично он выделяется в виде CO_2 в процессе дыхания организмов. "Безвозвратное" захоронение углерода в донных отложениях происходит в виде CaCO_3 . Это – чрезвычайно медленный процесс.

Поглощение неорганического углерода в поверхностном эуфотическом слое океана фотосинтезирующими организмами понижает его концентрацию и способствует растворению следующих порций CO_2 в поверхностном слое океана. Ведь при заданной концентрации CO_2 над поверхностью океана поток из атмосферы в океан тем больше, чем меньше его концентрация в поверхностном слое океана при одинаковых прочих условиях среды. Происходящее при этом гравитационное опускание отмерших организмов в более глубокие слои океана способствует (наряду с другими физическими процессами) поддержанию потенциала поверхностного слоя в аспекте растворения все новых порций атмосферного CO_2 . Этот механизм называется "биологическим насосом". Спасибо.

Криволицкий А.А. (председательствующий): Так, ещё, пожалуйста, вопросы.

Говор И. Л. (ИГКЭ): Скажите, пожалуйста, есть ли какие-нибудь способы измерения высотных концентраций: дирижабли или ещё что-нибудь?

Семенов С.М.: В одной и той же точке или в разных? Все станции, о которых я говорил, находятся на разных высотах. Вот, например, антарктическая станция Dome C, на которой взяли ледовый керн, по которому в проекте EPICA сделали реконструкцию климата на 800 000 лет назад, расположена на высоте 3000 м. А станция Ла-Хойя (La Jolla) вообще на берегу океана находится. Они все на разных высотах.

Говор И. Л. (ИГКЭ): А что с вертикальным распределением в заданной точке?

Семенов С.М.: Алексей Александрович, чувствую, что этот вопрос скорее к Вам - о вертикальном распределении. Ну, есть такое понятие «стандартная атмосфера». Вот, скажем, американская стандартная атмосфера опубликована в 1976 году. И у нас есть своя стандартная атмосфера. Это типичное вертикальное распределение концентраций разных веществ. Судя по стандартным атмосферам, для CO_2 , метана и закиси азота в тропосфере концентрация по вертикали не меняется. Точнее, она не меняется в объемном отношении смеси, скажем, в ppm, т.е. в относительных единицах. Плотность

воздуха, конечно, с высотой падает, а процентное соотношение содержания газов не меняется. Спасибо.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Ну, я могу добавить. Если посмотреть выше тропопаузы, то там включаются некоторые химические источники газов, появляются другие процессы. И там постоянство отношение смеси нарушается.

Можно мне задать вопрос общего плана? Существуют ли не приземные наблюдения, а спутниковые, позволяющие исследовать горизонтальные изменения концентраций?

Семенов С.М.: Спутниковые наблюдения существуют, соответствующие карты публикуются. Например, NOAA опубликовала карту поля концентраций СО. Ну, естественно, выяснилось, что СО много около больших городов, около районов промышленных предприятий и т. д. Так что спутниковые методы оценки полей концентраций существуют. Насколько они точны, мне неизвестно.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Ещё вопросы?

Гинзбург В.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Измерение потоков, например, метана, задача сложная. Потоки, которые образуются от свалок и от болот – разной природы и мощности. Есть какие-то возможности оценивать удельные показатели эмиссии?

Семенов С.М.: Я думаю, что важно сделать две вещи: если это возможно, то для первой прикидки сделать спутниковую карту потоков, а в качестве программы-максимум, ещё изучить процессы. Может быть изучение процессов даст возможность в дальнейшем расчетным способом действовать. Но, заметьте, это не тема моего доклада. Вот Александр Ильич Нахутин сидит, лучше его спрашивайте об оценках антропогенных потоков парниковых газов.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Ещё вопросы? Да, пожалуйста.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Возвращаемся к определению потоков энергии. Каким образом рассчитан тот входящий поток солнечного излучения на верхней границе атмосферы, который Вы нам всё время предъявляете на семинарах как поток солнечной радиации?

Семенов С.М.: Этот поток солнечной радиации не нужно рассчитывать – спутники летают и его фиксируют приборами.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Вы обычно говорите о схеме – что уходит, что приходит, и так далее, в схеме... Как она называется?

Семенов С.М.: Глобальный энергетический бюджет.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Да. Вот каким образом этот глобальный энергетический бюджет рассчитывается?

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Извините, но я должен заметить, что это не тема доклада. Это всё связанные вещи, но всё-таки. Когда дискуссия будет, Вы сможете сказать своё мнение.

Громов С. А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Это всё считается на калькуляторе?

Семенов С.М.: Нет, совсем не на калькуляторе. Это отдельная большая тема. Последний глобальный бюджет энергии опубликовал Кевин ТРЕНБЕРТ с сотоварищи в 2009 г. в Бюллетене американского метеорологического общества. Он расчетный, но кое-какие элементы измеренные, например, сколько приходит на верхнюю границу атмосферы солнечной радиации, это измерено спутниками. Сколько идёт от земной поверхности инфракрасного излучения рассчитывается с помощью закона Стефана-Больцмана. Ведь среднюю температуру земной поверхности мы знаем. А кое-что сосчитано там более или менее легкомысленным способом.

Громов С. А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Т. е. эти оценки - результат моделирования?

Семенов С.М.: В каком-то смысле да. Если закон Стефана-Больцмана также можно назвать моделью, то да.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Там есть ещё более сложные алгоритмы. Ещё вопросы, пожалуйста.

Егоров В.И. (ИГКЭ): Сергей Михайлович, скажите, пожалуйста, о естественной изменчивости потока CO_2 в атмосферу. У Вас есть информация о расчетах, хотя бы приближенных, влияния Эль-Ниньо на этот поток?

Семенов С.М.: Владимир Иванович, Вы что имеете ввиду? Это когда слишком тёплый океан вследствие события Эль-Ниньо-Южного колебания, и дополнительное количество CO_2 выделяется из океана в атмосферу?

Егоров В.И. (ИГКЭ): Совершенно верно.

Семенов С.М.: Сказать сейчас не смогу, но такая информация наверняка есть. От температуры растворимость CO_2 ведь, известно, что зависит.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Ещё, пожалуйста, вопросы. Спасибо. Давайте ещё раз поблагодарим Сергея Михайловича за выступление. Предоставим слово Сергею Аркадьевичу Громову для развернутого комментария.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): ВЫСТУПЛЕНИЕ с РАЗВЕРНУТЫМ КОММЕНТАРИЕМ

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Есть вопросы к Сергею Аркадьевичу?

Семенов С.М. (ИГКЭ; ИГ РАН): Сергей Аркадьевич, почему Вы говорите, что глобальный мониторинг концентраций не имеет совсем никакого отношения к оценке выбросов. Я уверен, что в единственной работе Штерна и Кауфмана, где реконструированы глобальные антропогенные выбросы метана в XX веке, использовались данные о глобальных концентрациях метана и оценка времени его жизни в атмосфере – 12.4 года.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Я так понимаю, что это модель первого приближения.

Семенов С.М. (ИГКЭ; ИГ РАН): Коллеги, давайте, чтобы за общими разговорами, не была забыта некая конкретная, может быть очень скучная часть того, что я сказал сегодня. А именно, что ход среднегодовых концентраций углекислого газа, метана и закиси азота сходен на глобальных фоновых станциях. Эти кривые с приличной точностью совмещаются прибавлением или же вычитанием константы. Подчеркиваю: среднесезонные и среднемесячные концентрации ведут себя не так. Их графики не совмещаются прибавлением или вычитанием константы. Таким образом, для оценки глобальных долговременных трендов не нужно много станций, а лишь несколько. Это – один из результатов многолетнего глобального фонового мониторинга углекислого газа, метана и закиси азота.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Ну, это, видимо, справедливо для станций вдали от мощных точечных или же распределенных источников.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Есть еще желающие выступить?

Нахутин А. И. (ИГКЭ): У меня несколько разноплановых комментариев. Во-первых, лет 20-25 назад с Юрием Антониевичем Израэлем обсуждался вопрос о том, сколько нужно станций глобального фоновый мониторинга CO₂. Мнение Юрия Антониевича было в пользу одной станции.... Теперь вопрос второй. Научная общественность пришла к выводу, что определение - это не есть наука. Об определениях надо договориться и потом действовать в науке на основе этих определений. С этой точки зрения, по-моему, глобальный фоновый мониторинг не надо путать с другими вещами, тоже достаточно, по-моему, важными и интересными, и говорить, что глобальный мониторинг дает значения концентраций в любой точке Земного шара и в любое время. Оно, конечно, неплохо было бы, и для ряда задач к этому надо стремиться, в частности для анализа потоков и построения моделей и атмосферных балансов.

Так, что, на мой взгляд, тут противоречия нет между двумя выступлениями. И, действительно, для решения задач глобального мониторинга – одна сеть, а для мониторинга потоков – другая.

И, наконец, по поводу ИРСС. Я категорически не согласен с тем тезисом, что доклады ИРСС созданы только для самопиара. Это, конечно, не так. Эти доклады - обобщение, конечно, там есть доля компромисса, может даже примешиваться немного политика, к сожалению. Но, тем не менее, оценочные доклады ИРСС - основа, камень, фундамент для принятия политических решений, в том числе и по РКИК ООН. Поэтому, Конвенция ни на каких данных мониторинга, конечно, не основывается. Она основывается на научном знании, на докладах ИРСС и на некоторых других работах. Ну, пожалуй, это всё, что я хотел сказать.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Ещё кто-нибудь хочет высказаться?

Саранча Д.А. (ВЦ РАН): На счет воды - нет у меня удовлетворения. Льды тают, уменьшается поверхность льдов, увеличивается отчуждение природных земель: города, дороги, всё это. Опустынивание идёт. И что это никак не влияет на концентрацию паров воды в атмосфере?

Семенов С.М. (ИГКЭ; ИГ РАН): Концентрация паров воды весьма неоднородна в пространстве. Поэтому измерять ее, скажем, у нас тут под Москвой, конечно, можно, но это не будет характеризовать глобальное содержание. Считается, что в среднем это содержание 0.7%. Ну, за индустриальную эру, допустим, оно немного увеличилось, до, скажем, 0.71%. Это вряд ли критично.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Пожалуйста ещё выступления.

Сирин А.А. (Институт лесоведения РАН): Сергей Михайлович, огромное спасибо за доклад, потому что он помог мне утвердиться в мнении по двух вопросам. Первое – то, что концентрации парниковых газов растут. В этом важно было убедиться, при том, что я не дилетант в этой области. Это первый момент. И, соответственно, необходимо изучать потоки парниковых газов, чтобы разобраться с чем связаны эти изменения. Изучение потоков – совсем другая задача, это не было целью Вашего доклада. Что касается проблемы мониторинга потоков, она на системном уровне соотносится с мониторингом концентраций, но все же это разные вещи. В современном научном мире постоянно возникают идеи создания универсальной системы мониторинга, для измерения ВСЕГО. Это нереально, даже с использованием современных технологий, например, спутниковых. Мы смотрим в Яндекс или Гугл и нам кажется, что космической съемкой обеспечено всё. А самом деле – это мозаика разновременных данных с разных сенсоров. Просто картинка. Поэтому стационарные измерения на каких-то специализированных базовых сетях обязательно нужно сохранять.

Громов С.А. (ИГКЭ; ИГ РАН): Может быть они не нужны в современных условиях?

Сирин А.А. (Институт лесоведения РАН): Нет, они, очевидно, нужны, потому что можно какие угодно компьютеры купить, но, когда нет исходных данных, это бесполезно. Да и дистанционные данные необходимо систематически калибровать. Стационарные измерения нужны. Но для того чтобы измерять правильно надо четко определить цели и задачи.

И в этом вторая основная проблема современной науки о Земле. Часто заявляются какие-то суперзадачи, но при этом не определяется цель. Вот для меня совершенно очевидно, что то, что касается глобального мониторинга концентрации этих трёх парниковых газов – CO_2 , CH_4 и N_2O -, то достаточно, по крайней мере на данный момент, тех глобальных фоновых станций, которые имеются. По крайней мере, расширение этой сети не является суперактуальной задачей, с учетом огромного пробела в других областях. По крайней мере для меня это было убедительно показано в докладе С.М. Семенова.

Другой вопрос касается, конечно, потоков парниковых газов. Но к мониторингу потоков надо также относиться с учетом того, что мы хотим получить. Ведь сплошь и рядом заявляют, что вот давайте поставим везде измерительные вышки для оценки методом eddy covariance, и это решит все проблемы. На самом деле это ничего не решит. У всех методов измерений есть свои задачи, свои особенности. Я говорю не голословно – мы этим занимаемся. Мы используем все методы для наблюдения. И камерные методы имеют свои преимущества и недостатки. Задача, конечно, выйти на понимание процесса, это сложно. Тогда понимание процесса может лечь в основу каких-то математических моделей.

Поэтому самое главное - четко определить цели и поставить задачи. Что касается измерения концентраций, это понятно, ясно. Что касается потоков, то тут другого рода задача, и её надо решать по-другому. Наверное, в каких-то странах степень насыщенности данными достигла того уровня, который позволяет математически описать процессы. У нас, к сожалению, пока нет. Хотя есть целый ряд областей, где мы не отстаём от мирового уровня науки. Поэтому, необходимо развивать то, о чем Сергей Михайлович сказал. Необходимо развивать разные направления: и измерение потоков, и изучение процессов, и натурный эксперимент для изучения этих процессов, и картографическое моделирование, и использование космической съёмки.

Вполне возможно, судя по той информации, которая есть, скорее всего, лет через 5-7-10 мы сможем измерять приземные концентрации парниковых газов не только с использованием косвенных характеристик подстилающей поверхности, но и по спектральным характеристикам. Вполне возможно. Технология этого достигнет. Мы нам необходимо исходить из того, что есть. Спасибо большое.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Ещё кто-нибудь? Пожалуйста.

Егоров В.И. (ИГКЭ): Доклад Сергея Михайловича изобилует экспериментальными данными, которые представляют пространственные и временные изменения в парниковых газах, таких как CO_2 , CH_4 и N_2O . Однако заключение о том, что их изменения достаточно близки на разных станциях глобального фонового мониторинга справедливы только в отношении среднегодовых концентраций. Вот, обратите внимание, станция Барроу – это Аляска, и станция Южный полюс. В изменениях концентрации CO_2 на этих станциях есть существенное различие, которое касается изменений в течении года. Так, например, изменения содержания CO_2 в течение 2015 г. на станции Барроу составили 15 ppm, что по своей величине близко к значению изменений средних годовых концентраций CO_2 на станции Южный полюс за период 2005-2015 годы (20 ppm). Не учитывать это, ну, просто нельзя. Другой пример – станции Самоа и Ла-Хойа (La Jolla). Также наблюдается различия по сезонам.

Слова «изменения концентраций близки» мне не очень нравятся. В качестве примера, в 2014-2015 годах скорость роста CO_2 составляла 2.3 ppm в год. Много это или мало? Среднее значение за декаду 2005-2015 гг. было 2.1 ppm в год. Казалось бы, что это очень незначительное различие. На самом деле, это послужило достаточно серьезным поводом, чтобы исследовать причину изменения глобальной скорости роста CO_2 . Вот, в частности, рост уровня CO_2 в 2015 году, аномально высокий, по последним предположениям, обусловлен высокой интенсивностью Эль-Ниньо, как естественного источника выброса CO_2 в атмосферу. В то время как антропогенные

источники не регистрировали увеличения эмиссии в это время. Антропогенная эмиссия в 2015 г. оставалась на уровне 2014 года.

Говоря о дальнейшем развитии (или стабилизации, или сокращении) сети глобальных фоновых станций, на которых измеряются уровни содержания в атмосфере парниковых газов, надо сказать, что необходимы дальнейшие исследования по этому вопросу. Необходимо анализировать расположение станций, близость тех или иных мощных источников или стоков парниковых газов. В качестве примера последних - в Южной Америке это район Амазонии, центральный район южной Америки, где станций, кстати сказать, нет, хотя измерения там необходимо проводить. А станции существуют в Перу и Чили, которые, будем так говорить, только отслеживают эпизоды Эль-Ниньо-Южного Колебания.

Пока, на мой взгляд, доводов в пользу того, что сеть глобального фонового мониторинга не надо расширять, недостаточно. Этот вопрос может быть актуальным и при решении других проблем, связанных, действительно, с оценкой источников или стоков как в региональном, так и в глобальном масштабах. Сообщение Сергея Михайловича было отличным. Очень интересно.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо. Ещё кто-нибудь желает выступить?

Романовская А.А. (ИГКЭ): На мой взгляд, противоречий, на самом деле, во всей этой дискуссии нет и не может быть. Не нужно смешивать разные понятия, то, о чём мы говорим: то ли о концентрациях, то ли о потоках. Для меня после доклада Сергея Михайловича очевидно, что станции, расположенные на континентах, где, действительно, большая пространственная и временная вариабельность, они, наверно, мало подходят для того, чтобы четко проследить тренд среднегодовых изменений концентраций. И, наверно, удаленная станция на берегу океана или на острове – это, действительно, самый лучший вариант, который мы можем использовать, чтобы отслеживать именно тренд среднегодовых концентраций парниковых газов. Естественно, что эти парниковые газы живут в атмосфере не один год: CO_2 – это сотни лет, закись азота – это 300 лет, метан – покороче, 12-13 где-то. Понятно, что за это время их концентрация по тропосфере будет каким-то образом выровнена согласно физическим законам.

Почему я говорю, о том, что непонятно, зачем мы меряем над сушей? Действительно есть очень яркий пример, который привёл в докладе Сергей Михайлович по оценке концентраций в Приокско-террасном заповеднике (ПТЗ) – среднегодовая концентрация углекислого газа 460 ppm. Это, очевидно, аутлайер. Такая оценка может быть интересна только с точки зрения потоков, как говорил Сергей Михайлович, изучения механизма формирования такого локального уровня. Если мы ставим и такие задачи, то,

конечно, мы где-то можем их решать, если они нужны. Но надо определить цель таких измерений. Ведь это не ядовитый газ, слава богу, люди там задыхаться не начнут. Поэтому эти результаты вряд ли интересны с санитарно-гигиенической точки зрения. Конечно, надо провести анализ и четко обосновать, можно ли оценивать потоки CO_2 , используя результаты таких измерений. Спасибо.

Криволуцкий А.А. (председательствующий): У меня также есть несколько замечаний.

Первое замечание – техническое: я занимаюсь химией много. Здесь часто неправильно употреблялось слово «concentration». На самом деле это объемное отношение смеси, volume mixing ratio. Это концентрация, делённая на концентрацию воздуха.

Мы благодарны Сергею Михайловичу за доклад и за то, что он всё время держит нас в курсе проблем, которыми занимается мировое сообщество. Это важно. И как я понимаю, всё движение происходит в сторону усложнения и усложнения задач. Это естественно.

Хочу вспомнить: когда-то я прочел книгу Ричарда Томпсона, который был специалист по прогнозу погоды. Он там обсуждал первые схемы прогнозов погоды, и его книга так и называлась «Прогноз погоды» или «Численный прогноз погоды». Она читается как художественная литература, настолько блестяще она написана. Всё там: уравнения, все открытия, все сложности, проблемы и т.д. Он проводит такую мысль по поводу сложности. Давайте выпустим с поверхности Земли очень много воздушных шаров. Они начнут разлетаться. Если вы наблюдаете всю эту картину со спутника с какой-нибудь большой высоты, то вы будете видеть эти шары. Это будет некоторое зональное движение. Потом, по мере того, как вы будете опускаться, вы увидите, что на зональное движение накладываются крупномасштабные меандры. Вы будете опускаться ещё ниже и увидите, что картина всё время усложняется. Когда вы опуститесь почти до поверхности Земли, вы увидите, что это хаос. Движение этих шаров. Вот я думаю, в любой области науки всё это происходит. В том числе все дискуссии, замечания, возражения, они обусловлены тем, что ситуация сложна, и мировое сообщество будет в этом направлении двигаться. Спасибо ещё раз Сергею Михайловичу Семенову.

Семенов С.М.: Я хочу сказать ещё пару слов. Во-первых, спасибо всем за интересные вопросы и дискуссию. Во-вторых, я в некоторых вопросах согласен с Сергеем Аркадьевичем Громовым. Действительно, знание одновременно источников выбросов, их распределения в пространстве и поля концентраций – это всегда материал для того, чтобы построить модель. Правда, для этой цели не обязательно сидеть на фоновой точке, даже лучше не в фоновой - зависимости между переменными более четко видны.

Теперь относительно расширения сети глобальных фоновых измерений. Я всего лишь хочу сказать, и в этом месте не услышал серьёзных возражений, что если речь идёт только об определении долговременных трендов среднегодовых концентраций CO₂, CH₄ и N₂O на станциях, удалённых от непосредственного влияния антропогенных воздействий, то эти тренды будут близки на разных глобальных фоновых станциях. Концентрации будут по абсолютной величине разные, а изменения во времени будут очень близкими. Поэтому, умножать этот вид измерений только для этой цели – измерения трендов глобальных фоновых среднегодовых концентраций CO₂, CH₄ и N₂O - , наверное, не стоит. Речь идёт, ещё раз говорю, только о среднегодовых концентрациях. И я согласен с Владимиром Ивановичем Егоровым, что, если речь идёт о распределении в течении года, то, конечно, в тропиках оно будет не такое, как на Аляске. В этом нет сомнений. Ход концентраций в течение года может различаться на разных станциях. Однако, если наблюдение за этими различиями есть одна из задач мониторинга, то хорошо бы определить цель этих измерений - что мы собирается делать с этой информацией.

Теперь, Сергей Аркадьевич, про измерения CO₂ на станции «Приокско-террасный заповедник» (ПТЗ). Есть такая возможная гипотеза, что вот эта аномальная концентрация 460 ppm углекислого газа – следствие биотических процессов. Всё-таки станция расположена в заповеднике. Там возможно (по крайней мере, временно) преобладание процесса разложения мертвого органического вещества над образованием первичной продукции. Т. е. там в почве что-то такое разлагается, в гораздо большей степени, чем фотосинтезируется растениями. Я об этом вообще ничего не слышал. Может быть Вы слышали? Нет? Я думаю, что скорее всего в этой системе всё достаточно уравновешено между первичным продуцированием и распадом. Это, конечно, влияние каких-то антропогенных источников, где сжигается ископаемое органическое топливо. Это надо исследовать. Спасибо большое!

Криволуцкий А.А. (председательствующий): Спасибо.