

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

30 мая 2016 года

SUMMARY

(составлено А. А. Рудковой, Институт географии РАН)

Состоялся доклад **д.ф.-м.н. Гинзбурга Александра Самуиловича** (Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН) «**Парниковый и антипарниковый эффекты в планетных атмосферах**». С развернутым комментарием выступил **к.ф.-м.н. Криволицкий Алексей Александрович** (Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета - ЦАО). Председательствовал **д.ф.-м.н. Семенов Сергей Михайлович**, ИГКЭ, Институт географии РАН.

***Семенов С.М., председательствующий:** Мы начинаем заседание, последнее перед перерывом на летние каникулы. Сегодня Александр Самуилович Гинзбург расскажет о парниковом и антипарниковом эффектах в планетных атмосферах. Имеется в виду не только Земля, но и другие планеты солнечной системы. Александр Самуилович, пожалуйста.*

Гинзбург А.С.: Спасибо. Прежде всего, я хочу искренне поблагодарить Сергея Михайловича Семенова и коллектив института, потому что это приглашение для меня было очень стимулирующее.**(ВЫСТУПАЕТ С ДОКЛАДОМ, ТЕКСТ ДОКЛАДА И ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПРИЛАГАЮТСЯ).**

ВОПРОСЫ К А. С. ГИНЗБУРГУ/ОТВЕТЫ/ДИСКУССИЯ

Семёнов С.М., ИГКЭ: Александр Самуилович, скажите, по сравнению с Землёй, какой слой воды на Венере будет, если H_2O из атмосферы полностью осадить? Ну, на Земле известно, что средняя глубина океана 4 км.

Гинзбург А.С.: Ну, если осажденная атмосферная вода на Земле – несколько сантиметров, то, поскольку на Венере давление примерно раз в 100 больше, то там осажденная из атмосферы вода – несколько метров.

Семёнов С. М., ИГКЭ: На Земле вода, в основном, в океане. Таким образом, воды в целом на Земле гораздо больше, чем на Венере, но атмосферная часть – сильно в пользу Венеры. Так?

Гинзбург А. С. Да, естественно.

***Семенов С.М., председательствующий:** Какие вопросы ещё есть к Александру Самуиловичу? Да, пожалуйста.*

Нахутин А.И., ИГКЭ: Можно вернуться к картинке, где энергетические потоки. Вот, говорилось, что для того чтобы свести энергетический баланс системы 'атмосфера+земная поверхность', надо предположить наличие потока энергии «в землю».

Гинзбург А.С.: Да, так утверждают Тренберт с соавторами.

Нахутин А.И., ИГКЭ: А вот не рассматривалась такая возможность, что энергия задерживается в атмосфере в результате усиления парникового эффекта. Я сейчас поясню. Можно себе представить две альтернативные ситуации. Первая. Это что в результате, допустим, усиления парникового эффекта, происходит увеличение температуры, но количество уходящей энергии не меняется; количество приходящей, естественно, постоянно. А вторая ситуация, которую также можно себе представить: это что всё-таки какое-то количество энергии задерживается в атмосфере, не вся пришедшая от Солнца уходит обратно в космос, и за счёт этого происходит её общий прогрев. Не рассматривали это?

Гинзбург А.С.: Я объясню, вопрос интересный. В атмосфере, естественно, все балансы изменить нельзя. Все балансы, хорошо или плохо, сосчитаны. Поэтому, если возникает невязка баланса, то ее «списывают» под землю. Ушедшая туда энергия там далее как-то распространяется, все глубже... Для того, чтобы произошло то, что Вы говорите, т.е. она накапливалась где-то в атмосфере, надо, чтобы изменился вертикальный температурный профиль. Ведь уходящее в космос «эффективное» излучение Земли идёт не с «самого низа», оно формируется, грубо говоря, где-то на уровне облаков. Если мы вот здесь, под уровнем, который соответствует температуре уходящего излучения, ниже немножко, сделаем такой хитрый зигзаг в температурном профиле, то можно, наверное, считать, что энергия там накапливается, на этой высоте, а не уходит под землю. Другое дело, может ли такой зигзаг существовать, существует ли он реально. Я этого сказать не могу.

Семенов С.М., председательствующий: *А вот, интересно, кто из присутствующих читал статью Тренберта с соавторами 2009 г., откуда взята обсуждаемая балансовая картинка? Она небольшая, на самом деле. Это в Бюллетене Американского метеорологического общества (США). Просто, скорее всего, вот это слагаемое, которое отвечает за то, сколько энергии уходит в землю, - обычная невязка баланса, возникшая из-за недостаточной точности оценок. Ведь на двух обсуждаемых схемах энергетического бюджета системы 'атмосфера+земная поверхность' (обе принадлежат Кевину Тренберту с соавторами; первая включена во Вклад Рабочей группы I в Третий оценочный доклад Межправительственной группы экспертов по изменению климата в 2001 г., а вторая – опубликована в статье в Бюллетене*

Американского метеорологического общества в 2009 г., мартовский выпуск) некоторые компоненты энергетического бюджета различаются на несколько единиц Вт/м², а упомянутая невязка – всего 0.9 Вт/м². Ещё раз, разговор сейчас это преждевременный, поскольку для начала надо просто почитать и посмотреть, что написано в статье Тренберта, как оценивался последний поток.

Гинзбург А.С.: Я хочу сказать, просто обращаю внимание, что десять лет назад такого потока у них не было. Может быть тогда хуже считали, и лучше сходилось. Поэтому тут есть, не то, чтобы лукавство, но желание сделать всё и честно, и, тем не менее, чтобы всё было. Почему это очень удобное слагаемое? Потому что тут времена огромные. Это накопление может быть на огромных временах. Ползёт и ползёт себе вглубь планеты до мантии этот не-большой поток, никто против этого не возражает.....

Семенов С.М., ИГКЭ: Александр Самуилович, на этой картинке много чего ещё нет. Например, вот этот ручеёк, который изображает солнечное излучение, отраженное земной поверхностью. Он направляется в атмосферу, а от атмосферы, почему-то, назад ни в какой степени не отражается. Что, вообще-то говоря, несколько неестественно. Конечно, тут с точностью не очень благополучно обстоит.

Семенов С.М., председательствующий: Какие ещё есть вопросы к Александру Самуиловичу? Да, пожалуйста.

Большаков В.А., Географический факультет МГУ: Меня такой вопрос интересует: после того, как появились данные об изменении содержания СО₂, очень многие модельеры увлеклись этим, начали модели делать. Я хоть и не специалист в этих моделях, но всё-таки вижу, что там большие разбросы. Тем не менее, современное потепление связывают именно с усилением парникового эффекта и пытаются это как-то оценить. У Вас название доклада было «Парниковый и антипарниковый эффекты в планетных атмосферах». С самого начала, когда Вы начали перечислять свои работы, меня всё время интересовал вопрос: насколько определенно, точно может быть оценено влияние на парниковый эффект обогащение атмосферы парниковыми газами? И что вызывает антипарниковый эффект - аэрозоли, облака?

Гинзбург А.С.: Нет. Облака с осторожностью, облака – самая большая сложность в нашей климатической системе.

Большаков В.А., Географический факультет МГУ: Значит аэрозоли. Какие-то оценки, хотя бы приблизительные, есть, что антипарниковый эффект мог бы привести к такому влиянию на климат Земли, чтобы он нивелировал парниковый эффект?

Гинзбург А.С.: Тут два принципиальных вопроса. Базовый, природный парниковый эффект нивелировать не нужно, да, я думаю, и невозможно. Этот эффект – около +30°C. Если у нас станет на 30 градусов холоднее, то это никому не понравится.

Большаков В.А., Географический факультет МГУ: Я имел в виду антропогенное влияние.

Гинзбург А.С.: Что касается антропогенного ослабления парникового эффекта, то в этих стенах под руководством академика Юрия Антониевича Израэля разрабатывалось много методов аэрозольной компенсации антропогенного потепления. И мне даже как-то неловко об этом говорить. Это вопрос добавки в атмосферу всяких сернистых соединений, которых не хватает на Земле (в отличие от Венеры) в стратосфере. Искусственное увеличение там аэрозольного слоя как раз и должно привести к антипарниковому эффекту, по мысли авторов этой методики, и компенсировать антропогенное усиление парникового эффекта, если оно слишком велико для человечества.

Семенов С.М., ИГКЭ: Вячеслав Александрович! Попросту говоря, есть постоянный процесс обогащения атмосферы парниковыми газами за счет сжигания ископаемого органического топлива, которое приводит к постепенному потеплению. Никакого систематического процесса антропогенного обогащения атмосферы аэрозолями не существует. То есть никакого контрпроцесса не существует. Пока.

Большаков В.А., Географический факультет МГУ: Но вулканические извержения, пыльные бури... Это же процессы, систематически обогащающие атмосферу аэрозолями.

Семенов С.М., ИГКЭ: Это – естественные процессы. Сколько есть, столько есть. А антропогенного обогащения атмосферы аэрозолями, направленного, преднамеренного, не существует.

Большаков В.А., Географический факультет МГУ: И еще вопрос. В докладе говорилось о том, что примером последствий резких похолоданий (эпизодов антипарникового эффекта) могут быть вымирания животных. Но, я говорил с биологами, это не совсем корректный пример. Они там вымирали в течении десятков миллионов лет, т.е. не «мгновенно», не за годы.

Гинзбург А.С.: Во-первых, спасибо Сергею Михайловичу. Может быть, я не точно сказал, но я также имел в виду, что если рост газового парникового эффекта – постоянная тенденция, как минимум последних 150 лет, то все аэрозольные эффекты этого времени, последнего столетия или полутора или

двух столетий, это, по сравнению с газовым эффектом – эпизоды. Их временной масштаб - недели-месяцы-годы. Вот, например, извержение исландского вулкана в 2010 г. – оно вообще никакого климатического эффекта не имело, потому, что большая часть его выброса - крупные частицы, которые быстро выпали из атмосферы. На счет вымирания: есть такие теории, но я, естественно, могу сказать, что наша часть работы какая? Если нам говорят, что мелкодисперсная пыль поднимется в атмосферу и будет висеть там достаточно долго, то мы можем посчитать, как похолодает. Будет она там столько висеть, или не будет, это на совести, условно говоря, геологов, о которых мы только что говорили.

Рябошапко А.Г., ИГКЭ: Я хотел бы не согласиться с Вами относительно направления потока тепла к центру Земли. У нас шахтёры работают на трёхкилометровой глубине, где температура достигает сорока градусов. То есть поток явно идёт от мантии.

Гинзбург А.С.: Да, если на глубине трёх километрах – 40 градусов, а на земной поверхности 15, грубо говоря, то естественно, поток направлен вверх. Ещё раз могу сказать, что прав Сергей Михайлович, который говорит, что надо эту статью Тренберта с соавторами 2009 г. внимательно прочитать. Я её читал в свое время, но поверхностно. Я готов вернуться позже к этому обсуждению.

Рябошапко А.Г., ИГКЭ: Не проще ли объяснить невязку баланса постоянным медленным нагревом нижних слоёв океана?

Гинзбург А.С.: Возможно.

Семенов С.М., ИГКЭ: Напомню, что речь идёт об очень незначительной цифре: 0,9 Вт на кв. м.

Рябошапко А.Г., ИГКЭ: У меня есть дилетантский вопрос относительно Венеры. Я специальную литературу не читал, популярную только. Из популярной литературы следует, что облака Венеры представлены мельчайшими капельками серной кислоты. А в таблице, описывающей состав атмосферы Венеры, серной кислоты нет.

Гинзбург А.С.: Там указана просто сера. Ну, конечно, в каплях воды это соответствующая кислота. Я на это специально обращал внимание. Что, в отличие от Марса и Земли, на Венере есть довольно много серы. И только наличие серы (сернокислотных капель облаков) на таких высотах объяснило тот спектр капель венерианских облаков, о которых я говорил.

Рябошапко А.Г., ИГКЭ : То есть, капли в облаках представлены серной кислотой.

Гинзбург А.С.: Да, я об этом и говорил.

Семенов С.М., председательствующий: *Ещё вопросы есть, пожалуйста? Александр Самуилович, у меня такой вопрос, может быть частный. Вертикальный градиент температуры на Венере сверхадиабатический или нет?*

Гинзбург А.С.: Сверхадиабатического не может быть нигде. Физика не позволяет. Но близок к адиабатическому.

Семенов С.М., председательствующий: *Близок к адиабатическому. То есть не адиабатический. Вертикально атмосфера на Венере устойчива? До 50 километров.*

Гинзбург А.С.: Градиент чуть положе адиабатического, а насколько – сказать не берусь. Таким образом, вертикальная устойчивость в среднем имеется.

Семенов С.М., ИГКЭ: Бог с ним. Еще один момент. В учебниках обычно пишется, что на Земле, теоретически, разные газы, составляющие атмосферу, должны, вообще говоря, распределяться по вертикали различным образом в зависимости от своего молекулярного веса. Эти вертикальные профили аккурратно считаются, и потом говорится: на самом деле это не наблюдается, поскольку есть турбулентное перемешивание и всё выравнивается. Поэтому я спросил про Венеру: там, так сказать, только два газа – CO_2 и немножко H_2O .

Гинзбург А.С.: Фактически только CO_2 . Понимаете, у нас на Земле почему средний градиент не близок к адиабатическому? Не потому, что разные газы, а потому, что происходит конденсация в облаках. И есть места, где сухоадиабатический градиент (или около него) должно быть, а есть места, где влажноадиабатический. Влажноадиабатический градиент – около 4 градусов на километр высоты, примерно. Есть места в тропосфере, где градиент близок к влажноадиабатическому, что дает существенное отличие среднего градиента в земной атмосфере от сухадиабатического.

Семенов С.М., председательствующий: *Спасибо большое. Есть ещё вопросы? Тогда, спасибо, Александр Самуилович. Присаживайтесь, пожалуйста, и мы сейчас слушаем Алексея Александровича Криволуцкого (ЦАО Росгидромета), который выступит с некоторым комментарием.*

КРИВОЛУЦКИЙ А.А. ВЫСТУПАЕТ С РАЗВЕРНУТЫМ КОММЕНТАРИЕМ (ТЕКСТ ВЫСТУПЛЕНИЯ И ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПРИЛАГАЮТСЯ)

ВОПРОСЫ К А.А. КРИВОЛУЦКОМУ /ОТВЕТЫ/ДИСКУСИЯ.

Семенов С.М., председательствующий: Спасибо, Алексей Александрович!
Вопросы есть к Алексею Александровичу?

Лукацкий А.М., Институт энергетических исследований РАН: Скажите пожалуйста, если сопоставить Марс и Землю: на Земле есть влияние человеческого фактора, а на Марсе нет. Скажите, отсюда нельзя оценить, насколько весом человеческий фактор.

Криволуцкий А.А.: Вопрос не простой. Условия очень разные. На Земле кроме CO₂ есть много составляющих атмосферного воздуха. Помимо этого, мы же таким образом пытаемся сравнить последствия антропогенной добавки CO₂ на Земле с последствиями наличия базового уровня CO₂ на Марсе. Думаю, это не совсем корректный подход.

Семенов С.М., председательствующий: Ну, мне кажется, ответ получен. Спасибо. Есть вопросы ещё к Алексею Александровичу? Я хотел бы также задать вопрос. Алексей Александрович, скажите, пожалуйста. На Земле существуют методы зондирования. Её атмосферу просвечивают всячески, вертикальные профили разных параметров изучают и так далее. А когда аппараты приближаются к другим планетам, есть такие же возможности исследования? Используются подобные методы зондирования?

Криволуцкий А.А.: Да, есть. Не все методы применимы, но очень многие.

Семенов С.М., ИГКЭ: Как это происходит? Аппарат, вращающийся на орбите, периодически осуществляет съемку?

Криволуцкий А.А.: Производится либо зондирование с орбиты либо спускаемые аппараты с поверхности планет производят вертикальное или наклонное зондирование атмосферы. С поверхности Земли сейчас уже можно получать такую информацию радиометодами.

Семенов С.М., ИГКЭ: Можно ли зондировать атмосферы планет с Земли, причем получать довольно детальную информацию?

Криволуцкий А.А.: Да, эти методы всё лучше и лучше становятся.

Семенов С.М., ИГКЭ: Ну, если эти методы всё лучше и лучше становятся, были случаи, когда получили какую-нибудь удивительную, уникальную информацию? Какие-нибудь сведения, о которых раньше не догадывались?

Криволуцкий А.А.: О чём – о Марсе или о Земле?

Семенов С.М., ИГКЭ: О Марсе, например. То есть, эти инструментальные новые средства привели к какому-нибудь прорыву, или это просто уточнения.

Криволуцкий А.А.: Это в целом прорыв, я считаю. Потому что мы ничего не знали раньше о составе атмосферы Марса, а теперь знаем его достаточно детально. Даже о малых составляющих, о водяном паре, например.

Семенов С.М., ИГКЭ: Только благодаря этому способу? Спасибо. Есть вопросы ещё? Спасибо, Алексей Александрович. Благодарю Вас.

Семенов С.М., председательствующий: Желает ли кто-нибудь высказаться? Кто-нибудь хочет? Ну, устали, хорошо. Тогда я скажу два слова. Надо поблагодарить наших сегодняшних докладчиков - Александра Самуиловича Гинзбурга и Алексея Александровича Криволуцкого - за выступления. Сегодня нам было представлено очень много информации.

Александр Самуилович дал исторический обзор того, что делалось в области исследования парникового и антипарникового эффектов, причем в отношении разных планет. И такое систематическое изложение вопроса – это очень важно, поскольку мы разбредлись как-то по своим научным квартирам, и такого синтетического взгляда на такие вещи мы в общем-то были лишены. Так что, спасибо!

Алексей Александрович, для нас использование космических аппаратов - некая новая материя, и Вам большое спасибо за то, что рассказали и тоже систематически изложили все усилия, которые предприняло мировое научное сообщество для изучения планет и с помощью космических аппаратов, и с помощью обычных, наземных дистанционных методов.

Мне кажется, что сегодняшнее заседание было хорошим, суммирующим, интегрирующим заседанием, которое завершает некоторый цикл докладов по строению атмосферы Земли и других планет. Мы где-то осенью попросим наших известных экспертов рассказать, как все эти закономерности реализуются при глобальном климатическом моделировании. Без такого фундамента, о котором нам дали представление в течение этого «учебного года», было бы сложно слушать следующие доклады.

Мы прерываем наши заседания до сентября. Благодарю вас!