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

6 апреля 2016 года

SUMMARY

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

Состоялся доклад **д.ф.-м.н. Семенова Сергея Михайловича** (ИГКЭ, Институт географии РАН) «Роль радиационного фактора в формировании климата Земли». С развернутым комментарием выступил к**.ф.-м.н. Северов Дмитрий Арсеньевич** (ИГКЭ, Институт географии РАН). Председательствовал д.ф.-м.н. **Александр Самуилович Гинзбург**, Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН.

Гинзбург А. С., председательствующий*: Уважаемые коллеги, добрый день! Нам пора начинать заседание. Пожалуйста, слово для доклада имеет Сергей Михайлович Семенов.*

Семенов С. М.: Добрый день! Опыт некоторых последних докладов на нашем семинаре показал, что, начиная тематическую серию, лучше предварить ее вводным докладом, где в простой форме представлялись бы основные понятия, процессы и проблемы. Поскольку мы вскоре предполагаем послушать доклады о моделировании прохождения излучения через атмосферу Земли, в частности, о процессах рассеяния и поглощения излучения, сегодня я сделаю введение в эти вопросы….**(ВЫСТУПАЕТ С ДОКЛАДОМ, ТЕКСТ ДОКЛАДА И ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПРИЛАГАЮТСЯ).**

ВОПРОСЫ К С. М. СЕМЕНОВУ/ОТВЕТЫ

Кислов А. В., Географический факультет МГУ: Когда Вы оценивали изменение температуры при изменении концентрации парникового газа, Вы учитывали, что с высотой концентрации в ppm могут меняться не одинаково? Это ведь может изменить вывод об уменьшении скорости роста температуры с ростом концентрации.

Семенов С. М.: Нет, это не рассматривалось. Считалось, что форма вертикального профиля концентраций парниковых газов сохраняется, по крайней мере, в пределах тропосферы и стратосферы.

Кислов А. В., Географический факультет МГУ: Есть понятие «убегающий парниковый эффект» (runaway greenhous effect). Он как раз подразумевает положительную обратную связь между потеплением и концентрацией водя-

ного пара, что может привести к неустойчивости и неконтролируемому росту температуры в приповерхностном слое.

Семенов С. М.: Такую обратную связь мы не рассматривали. Оценивался только прямой радиационный эффект увеличения концентрации рассматриваемых парниковых газов. Вообще говоря, в реальной климатической системе таких сложных связей (в том числе, обратных) довольно много. Например, увеличение содержания CO_2 ведет к попытке парникового потепления в приповерхностном слое. Испарение воды в более теплых условиях несколько сдерживает потепление – на испарение тратится энергия. Но, с другой стороны, увеличение содержания водяного пара в атмосфере вследствие испарения дополнительного количества воды работает на усиление потепления. Каков результирующий эффект, можно оценить только с помощью физически полной модели. Мы занимались только прямым радиационным эффектом.

Анохин Ю А., ИГКЭ: А Вы рассматриваете взаимодействие малых газовых составляющих? Например, количество водяного пара в стратосфере зависит от количества метана.

Семенов С. М.: Нет, конечно. Таких эффектов довольно много в климатической системе Земли. Например, болотные системы поглощают CO_2, а выделяют значительное количество метана. Но это совсем другая проблема. Мы рассматривали покомпонентный прямой радиационный эффект.

Гинзбург А. С., Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН: Всё это рассматривается без учёта изменений облаков и снежного покрова. Хотя понятно, что они меняются очень сильно, и это есть главная головная боль всех климатических моделей и расчетов. Надо это сразу оговаривать.

Семенов С. М.: Спасибо, Вы правы совершенно. Конечно, полный эффект описывается только сложной физически полной моделью, где все компоненты климатической системы учитываются. То, что я рассказал, есть простейшая модель для выделения чисто радиационного эффекта. Примерно 10 лет назад, в период окончания Четвертого оценочного доклада Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), усилились разговоры о том, что парниковых газов в атмосфере мало (в том числе углекислого газа, метана, закиси азота), поэтому никаких существенных воздействий на земной климат они оказывать не могут, а проблема антропогенного усиления естественного парникового эффекта (который обеспечивается в основном водяным паром) искусственно преувеличивается. Нужно было иметь возможность простой демонстрации ошибочности этой точки зрения. Наши расчеты дали такую возможность.

Гинзбург А. С., ИФА РАН: Все же при увеличении концентрации парникового газа скорость роста температуры не обязательно будет падать. Может быть и усиление эффекта. Например, венерианский ”runaway greenhouse effect”, который всё высушил внизу. Весь водяной пар поднялся наверх, а внизу остался один углекислый газ.

Семенов С.М.: Сильно возражать не буду. Но, все же, если посмотреть стандартные атмосферы Земли 20-го века, которые публиковались, форма вертикального распределение концентраций парниковых газов была примерно одинаковая. Конечно, это в масштабах времени 100 лет. Если рассматривать гораздо большие времена, возможно, ситуация будет другой. Но мы это не рассматривали, поэтому воздержусь от комментариев по этому поводу.

ДИСКУССИЯ

СЕВЕРОВ Д. М. ВЫСТУПАЕТ С РАЗВЕРНУТЫМ КОММЕНТАРИЕМ (ТЕКСТ ВЫСТУПЛЕНИЯ И ПРЕЗЕНТАЦИЯ ПРИЛАГАЮТСЯ)

ВОПРОСЫ К СЕВЕРОВУ Д. М. /ОТВЕТЫ

Чаянова Э. А., Центральная аэрологическая обсерватория Росгидромета (ЦАО): Вы проводили расчеты рассеяния в каком диапазоне: для видимого излучения или шире?

Северов Д. А.: Для солнечного излучения – от 0.3 до 1.1 мкм.

Чаянова Э. А., ЦАО: Откуда взял сам Рэлей эту формулу? Он ее как-то вывел? Каким образом?

Северов Д. А.: Я не читал оригинальной работы Рэлея, не могу сказать.

Громов С. А., ИГКЭ: Правильно ли, что при использовании сульфатных аэрозолей для рассеяния/отражения приходящей солнечной радиации мы не сможем получить дополнительное отражение больше, чем 1%?

Северов Д. А.: Если использовать другое вещество, например, гематит, то получим большее значение. Но экономически этот совсем не выгодно.

Большаков В. А., Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова: У меня практический вопрос. Можно ли это вообще осуществить: аэрозоль, внесенный в стратосферу, как долго он будет там оставаться?

Северов Д. А.: Еще М. И. Будыко была предложена и практическая реализация этой идеи – способ внесения сернокислотного аэрозоля в стратосферу.

Он предлагал, чтобы авиация летала в стратосфере, причем чтобы в топливо добавляли сернистые соединения. Идея была вполне реализуемая для 1950-х годов, для тогдашних самолетов. Но с современными двигателями это не пройдёт – их нельзя «кормить серой». Они выходят из строя. Поэтому сейчас обсуждаются различные другие методы доставки.

Большаков В. А., Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова: И слой аэрозоля там стабильным будет? Долго будет держаться?

Северов Д. А.: Да, в определенной степени. Для инжекций предполагается именно стратосфера (нижняя стратосфера, поскольку есть «потолок» для авиации), поскольку в тропосфере аэрозоли долго не живут. В стратосфере их время жизни гораздо больше, до двух лет.

Семенов С. М., ИГКЭ: Дмитрий Арсеньевич, в атмосфере рассеяние происходит на аэрозоле или же, в основном, на флуктуациях плотности воздуха? Откуда известно, что эти флуктуации плотности имеют диаметр много меньше длины волны для солнечного диапазона?

Северов Д. А.: Вовсе не обязательно. Рассеяние будет происходить на любом скачке оптической плотности.

Семенов С. М., ИГКЭ: А линейный размер типичных флуктуаций плотности в атмосфере, как он соотносится с длиной волны в видимой части спектра? Я это спрашиваю, потому, что Рэлей в своё время именно с помощью своей теории объяснял голубизну чистого неба (эта часть спектра лучше рассевается по теории Рэлея). Предполагалось, что именно этот механизм описывает основную часть рассеяния солнечного света. В таком случае, флуктуации плотности малых линейных размеров должны доминировать? Или это неизвестно?

Северов Д. А.: На самом деле вопрос гораздо сложнее. В 1950-е годы в Советском Союзе проводились исследование рассеяния света тропосферным аэрозолем. Прожекторами светили, так как лазеров тогда ещё не было. Кое-что тогда удалось обнаружить любопытное. Во-первых, неоднородность распределения аэрозоля.

ГинзбургА.С., Институт физики атмосферы им. А. М. Обухова РАН: «Прожекторный луч в атмосфере» - так называлась монография под общей редакцией Г. В. Розенберга. И статья такая была.

Северов Д.А.: Да, в «Успехах физических наук». Что касается статистики этих флуктуаций, тут я сказать затрудняюсь. Просто, как я уже говорил, мелкая флуктуация обладает малым фактором эффективности. Но, зато, их го-

раздо больше. В зависимости от соотношения числа этих рассеивающих центров и их эффективности, будет получаться тот или иной результат.

Теперь, о голубом цвете чистого неба. Рэлей, конечно, это объяснил на тогдашнем уровне знаний. Но, когда стали более тщательно изучать параметры рассеянного света, выяснилось, что получается не совсем то, что следует из его теории. Здесь определенное влияние оказывает и атмосферный аэрозоль. То есть и без молекулярного рассеяния, если его как-нибудь удалось убрать, цвет небосвода был бы голубым. Может быть, только другая интенсивность была бы рассеянного света.

Гинзбург А. С., ИФА РАН: Мне было очень интересно. Я сюда ехал посмотреть и послушать устное исполнение последней статьи Сергея Михайловича Семенова во втором номере нового журнала «Фундаментальная и прикладная климатология», а услышал две прекрасные лекции. Я вернулся в те времена, когда в 1970-е годы сдавал кандидатский минимум в Институте физики атмосферы и всё это обязан был знать. Мне иногда было очень интересно всё это слушать, и иногда я со стыдом соображал, что не всё так хорошо знаю, как излагают докладчики. Поэтому вам от меня отдельное большое спасибо за возвращение к научной юности. Вообще говоря, мне кажется, что такой ликбез совершенно замечательный.

Если я могу воспользоваться правом ведущего, хочу рассказать одну удивительную историю, связанную с парниковым эффектом. Я думаю, что все читали статью Сергея Михайловича, которая начинается с описания некоего прибора 18-го века, изобретенного швейцарским естествоиспытателем де Соссюром. (Нет, не все? Но большинство, во всяком случае). Это пробковая коробочка, открытая с одной стороны, в неё вставлены стёклышки (три). Выяснилось, что когда коробочку выставляли на солнечный свет, то в трёх образовавшихся отсеках устанавливалась разная температура.

Де Соссюр не стал это объяснять, что тоже замечательное свойство настоящих ученых, а просто это описал. Это тоже иногда бывает значительно более важным, чем когда всё, что мы увидели, измерили и сосчитали, мы пытаемся интерпретировать. Иногда надо дать простор и другим проинтерпретировать. И вот покойный замечательный ученый Самвел Самвелович Григорян, который сам механик, физик, слушая разные доклады, в том числе на семинаре Ю. А. Израэля по борьбе с изменениями климата, сделал доклад в МГУ. Георгий Сергеевич Голицын просил меня съездить и послушать. И я, увидев аннотацию этого доклада, был крайне смущен как специалист по парниковому и даже антипарниковому эффекту, по ядерной зиме и пыльным бурям на Марсе, что он, механик, такие странные вещи говорит, судя по короткой аннотации. И вот я приехал и услышал совершенно блестящий доклад. Самвел Самвелович описал ситуацию, возникающую из положенных одна на другую толстых стеклянных пластинок. Он как механик подошёл очень просто к описанию парникового эффекта. Практически так же, как вот этот швейцарский ученый 18-го века, но через 200 лет после этого. И когда я по-

дарил ему одну статью и подборку, он сказал замечательные слова: «Я не буду больше заниматься этой наукой. Оказывается, она уже существует. Просто я не нашёл этих статей. Но как хорошо, что я понял это и в другой модели получил аналогичные по смыслу результаты».

То, что мы слышали сегодня, совсем другая ситуация. Сегодня мы слушали профессионалов в области парникового и антипарникового эффекта, «засеривания» стратосферы, как это иногда называется. И мне кажется, что это очень хорошее начало серии докладов о взаимодействии излучения и атмосферы. Вот, наверное, если это будет интересно, можно дальше рассказать и про разгоняющийся парниковый эффект на Венере, или про антипарниковые эффекты пыльных бурь на Марсе типа ядерной зимы. Я думаю, что это замечательное начинание, и это интересно, мне кажется, не только для сотрудников и друзей Института глобального климата и экологии. У нас осенью в честь шестидесятилетия нашего Института будет Школа молодых ученых. Обычно она бывает выездная, а тут мы решили её сделать в Москве. Мне бы казалось, я, по крайней мере, буду это предлагать, такой доклад Сергея Михайловича включить в программу этой Школы.

Криволуцкий А. А., ЦАО: Александр Самуилович, вот результаты исследований Смолуховского о рассеянии на флуктуациях плотности, как они укладывается в общую картину рассеяния?

Гинзбург А. С., ИФА РАН: Те флуктуации, которые мы можем как-то увидеть или измерить - температуры, давления, или дистанционно, или иным способом, они достаточно большие. А те мелкие флуктуации, о которых говорили классики, мы наблюдать в атмосфере, я подозреваю, не можем. Поэтому оценить их вклад достаточно трудно.

Чаянова Э. А., ЦАО: А рэлеевское рассеяние?

Гинзбург А. С., ИФА РАН: Вопрос в том, какой вклад дают флуктуации по сравнению с молекулами. Я подозреваю, что разумного и исчерпывающего ответа на этот фундаментальный вопрос, может и не быть. Притом, что про молекулы мы знаем много, а про флуктуации мало.

Семенов С. М., ИГКЭ: Элеонора Александровна, проще всего взять статью Рэлея 1899 года и посмотреть. Я попытаюсь, пожалуй, её найти. Иногда полезно прямо классиков почитать.

Чаянова Э. А., ЦАО: Я не смогла найти эту статью.

Гинзбург А. С., ИФА РАН: Сейчас в Интернете появилось много копий старых статей.

Гинзбург А. С., председательствующий:
СПАСИБО Сергею Михайловичу и Дмитрию Арсеньевичу за интересные выступления, всем собравшимся коллегам – за заинтересованное обсуждение. Заседание окончено.