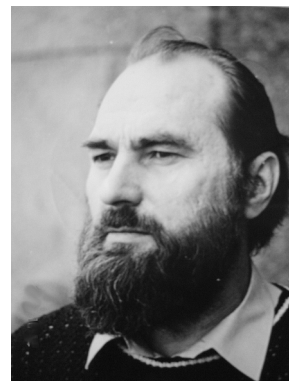


УДК 551.242.23:551.5:551.510



Сывороткин В.Л.

Бесполезность Монреальского протокола для сохранения озонового слоя планеты

Сывороткин Владимир Леонидович, доктор геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник кафедры петрологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова
E-mail: hlozon@mail.ru

Монреальский протокол, подписанный 27 лет назад, сегодня регулирует производство, использование, оборот более 100 химических веществ, подозреваемых в разрушении озонового слоя в 197 странах. Десятки лет не используются самые «озоноопасные» газы – хлорфторуглероды, однако, степень разрушения озонового слоя постоянно нарастает и в Антарктике, и в Арктике. Критический анализ техногенно-фреоновой гипотезы (ТФГ) разрушения озонового слоя – теоретического фундамента Монреальского протокола – показывает, что она неадекватна современным знаниям о планете Земля. Главная методологическая ошибка авторов Монреальского протокола состоит в том, что проблема химии планеты, т.е. геохимическая (геологическая) проблема отдана на откуп лабораторным химикам.

Ключевые слова: Монреальский протокол, озоновый слой, озоновые дыры, фреоны, техногенно-фреоновая гипотеза.

В 1994 г. Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 16 сентября Международным днем охраны озонового слоя. В этот день в 1987 г. был подписан Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой.

С 1995 г. официальные лица – руководители международных метеорологических, климатологических организаций в середине сентября выступают в СМИ с сообщениями на озоновую тему. В этом (2014) году со специальным обращением выступил Генеральный секретарь ООН Пан Ги Мун! Закончил он свое обращение такими словами:

«Пусть наши успехи в деле сохранения озонового щита планеты станут стимулом к новым действиям. Монреальский протокол показал, что решительность международного сообщества, включая и частный сектор, может принести значительную пользу всему человечеству. Я хочу пожелать, чтобы полученный опыт помог нам справиться с такой неотложной задачей, как решение проблемы изменения климата»¹.

Посмотрим краткую (с четырехлетним шагом) подборку таких праздничных сентябрьских рапортов за последние 12 лет. Задача – уловить тенденцию.

18 сентября 2002 г. Озоновая дыра может исчезнуть через 50 лет². Дыра в озоновом слое над Антарктидой вот-вот начнет уменьшаться и может окончательно исчезнуть к 2050 году. Австралийские ученые утверждают, ссылаясь на данные последних наблюдений, что содержание хлора в атмосфере (а это основная причина разрушения озонового слоя) снижается. Это, возможно, одно из первых глобальных достижений в борьбе за улучшение экологии на Земле стало возможным, благодаря тому, что в 1987 году был наложен запрет на использование хлорфторуглеродов в холодильных установках и кондиционерах, откуда они в основном и поступали в атмосферу. Пол Фрейзер, главный специалист в области исследования атмосферы в исследовательской организации Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation считает, что, начиная с 2005 года, ученые смогут наблюдать, как озоновая дыра будет постепенно закрываться, а к середине века окончательно исчезнет, хотя озоновый слой еще будет оставаться уязвимым в течение 10 лет.

Зафиксируем последнюю фразу из прогноза, «главного специалиста в области исследования атмосферы», сказанную 12 лет назад: 2005 г. – начало заметного для ученых постепенного закрытия Антарктической озоновой дыры; середина века – ее закрытие; еще 10 лет, т.е. до 2060 г. некоторой уязвимости озонового слоя и победа!

¹ Обращение Генерального секретаря Организации Объединенных Наций по поводу празднования Международного дня защиты озонового слоя [Электронный ресурс] // Официальный Интернет-сайт Проекта ЮНИДО/ГЭФ-Минприроды России № GF/RUS/11/001 «Поэтапное сокращение потребления гидрохлорфторуглеродов и стимулирование перехода на не содержащие гидрофторуглероды энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий». 16.09.2014. Режим доступа: http://www.ozonprogram.ru/novosti/obrashhenie_gs_oon_mdzoo_2014/.

² Озоновая дыра может исчезнуть через 50 лет [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 18.09.2002. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/18Sep2002/ozon.html>.

8 сентября 2006 г. Озоновые дыры над Арктикой и Антарктикой перестали расти¹. По сообщению BBC, две группы климатологов – под руководством Дэвида Хофмана из Национальной администрации по вопросам мирового океана и атмосферы США и под руководством Сьюзен Соломон из Межправительственной комиссии по вопросам изменения климата (IPCC) – в результате независимых исследований пришли к выводу, что дыры в озоновом слое над полюсами Земли стабилизировались. Это радостное известие ученые сообщили на пресс-конференции в Вашингтоне. По их мнению, позитивные изменения произошли в результате отказа большинства стран от использования химикатов, разрушающих озоновый слой, прежде всего хлорфторуглеродов в аэрозолях и холодильниках. Доктор Хофман высказал оптимистичное предположение, что озоновая дыра над Антарктикой затянется за ближайшие 60 лет. Дыра же над Северным полюсом, где озоновый слой менее поврежден, может затянуться уже к 2040 году.

Четко и конкретно. Состояние озонового слоя стабилизировалось. Дыра в Арктике исчезнет к 2060 г, в Арктике к 2040 г. Слава Монреальскому протоколу!
Прошло еще 4 года.

17 сентября 2010 г. ООН: Озоновая дыра за последние десять лет не увеличилась². Озоновая дыра за последние десять лет не увеличилась благодаря скоординированным международным усилиям, предпринятым для охраны озонового слоя, защищающего Землю от ультрафиолетового излучения Солнца. Об этом говорится в исследовании, подготовленном Всемирной метеорологической организацией (ВМО) и Программой ООН по окружающей среде (ЮНЕП) при участии около 300 ученых. Как подчеркивается в докладе, концентрация озона в мировом масштабе, как над Арктикой, так и над Антарктидой, не изменилась в худшую сторону. Это произошло благодаря отказу от применения хлорфторуглеродов (СFC), которые широко использовались в аэрозолях, холодильниках и кондиционерах. Ограничения были введены Монреальским протоколом, подписанным в 1987 году. "Соглашение предотвратило еще большее истощение озонового слоя благодаря постепенному сокращению производства и потребления веществ, разрушающих его", – сообщил журналистам директор отдела исследований ВМО Лен Барри. Это позволило сократить миллионы случаев заболевания раком кожи и образования катаракты, говорится в докладе.

Фраза про мировой масштаб концентрации озона несколько туманна, вероятно, 300 ученых вычислили что-то среднее по глобусу и это среднее позволило им сделать вывод о том, что концентрация озона, как над Арктикой, так и над Антарктидой, не изменилась в худшую сторону. А вот без Протокола было бы плохо. Слава Монреальскому протоколу!

И, наконец, предпраздничное сообщение этого года.

11 сентября 2014. Монреальский протокол защитил озоновый слой³. Принятый в 1987 году Монреальский протокол – одно из наиболее успешных природоохранных соглашений в мире – позволил защитить стратосферный озоновый слой и не допустить роста ультрафиолетового излучения, достигающего поверхности Земли. Протокол ввел запрет на производство ряда химических веществ, разрушающих озоновый слой. В опубликованном в среду документе Всемирной Метеорологической организации "Научная оценка разрушения озона 2014 года" говорится, что озоновый слой вернется к контрольным уровням 1980 года, то есть может почти полностью восстановиться. К такому выводу пришли около 300 ученых, которые провели оценку эффективности предпринимаемых мер по охране этой уязвимой газовой оболочки, защищающей Землю от вредного воздействия ультрафиолетового солнечного излучения. Тем не менее, озоновая дыра в Антарктике по-прежнему будет возникать каждую весну. И, как ожидается, она будет появляться там в течение большей части этого столетия с учетом сохранения в атмосфере озоноразрушающих веществ, даже несмотря на прекращение их выбросов.

Вот это уже близко к моменту истины – озоновый слой в принципе может восстановиться, но дыры в нем будут возникать еще 100 лет! А вот если бы не отказались от фреонов, то было бы еще хуже. Слава Монреальскому протоколу! Теперь следует перечислить первое (2002 г.) сообщению, после чего останется только позавидовать умению современных климатологов выдавать полный и позорный провал Монреальского протокола за научную победу планетарного масштаба.

Поясним терминологию, использованную в вышеприведенных текстах. Иначе читатель может ошибочно посчитать, что существуют стационарные феномены под названием «Антарктическая озоновая дыра» и «Арктическая озоновая дыра», которые должны через 10–50–100 лет исчезнуть благодаря общепланетарным усилиям. Таких персонифицированных объектов, название которых следует писать с заглавной буквы, нет. Озоновые дыры квазипериодично возникают над Антарктикой или Арктикой (а также во многих других местах планеты). Время жизни этих областей снижения общего содержания озона (ОСО) варьирует от нескольких дней до первых месяцев. Потом озоновый слой восстанавливается. Более того, здесь же часто возникают положительные аномалии, в отдельных случаях с двукратным (т.е. на 100%) повышением ОСО! Потом снова период разрушения разной степени, потом снова наработка озона. Обратим внимание, что сторонники Монреальского протокола о природных процессах продуцирования стратосферного озона и о гигантских положительных аномалиях этого газа в стратосфере стыдливо умалчивают.

¹ Озоновые дыры над Арктикой и Антарктикой перестали расти [Электронный ресурс] // Полит.ру. Наука. 08.09.2006. Режим доступа: http://www.POLIT.ru/science/2006/09/08/ozon_holes_stabilized.html.

² ООН: Озоновая дыра за последние десять лет не увеличилась [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 17.09.2010. Режим доступа: <http://newsru.com/world/17sep2010/ozonhole.html>.

³ Монреальский протокол защитил озоновый слой [Электронный ресурс] // ФОБОС. 11.09.2014. Режим доступа: <http://www.meteovesti.ru/news.n2?item=63546109823>.

Перейдем к другому ряду сообщений СМИ¹. Для удобства восприятия разделим их по региональному признаку. Сначала «антарктические», потом «арктические».

11 октября 2000 г. Над Антарктикой зарегистрировано рекордное увеличение озоновой дыры². Рекордное увеличение озоновой дыры над Антарктикой зарегистрировали специалисты Национального космического агентства США. По информации экспертов НАСА, на данный момент размеры озоновой дыры уже составляют почти 30 миллионов квадратных километров. Это примерно треть территории США. По информации погодного агентства ООН, в этом году размеры озоновой дыры достигли рекордных размеров за последние 15 лет. Несмотря на то, что в настоящее время запрещено использование химических веществ, разрушающих озоновый слой, ученые не спешат делать оптимистичные прогнозы. Как отмечают специалисты, полное исчезновение дыры следует ожидать не ранее 2050 года.

3 октября 2006 г. До рекордных размеров выросла озоновая дыра над Антарктидой³. Как сообщила Всемирная метеорологическая организация (ВМО) ООН, размеры озоновой дыры над Антарктидой установили новый рекорд. Согласно последним измерениям, проведенным специалистами НАСА и Европейского космического агентства (ESA), в конце сентября с.г. размеры "пробоины" в озоновом слое, защищающем землю от космической радиации, увеличились до 29,5 кв. км. Это на 0,1 кв. км больше предыдущего рекорда, установленного в 2000 г. Согласно тому же докладу ВМО, средняя толщина озонового слоя по планете достигла минимума за всю историю подобных наблюдений: дефицит озона в атмосфере на настоящий момент составляет 39,8 мегатонны. По прогнозам ВМО, несмотря на все принимаемые меры, в течение еще, по крайней мере 20 лет, озоновые дыры над землей будут расти.

Сравнение этого сообщения с ранее приведенным «радостным известием» ученых под руководством С. Соломон от 8 сентября 2006 г. о том, что озоновые дыры над Арктикой и Антарктикой перестали расти, служит яркой иллюстрацией модного в последнее время термина «когнитивный диссонанс». В начале сентября 2006 г. С. Соломон публично докладывает результаты, полученные ИРСС о стабилизации процесса разрушения озонового слоя над полюсами. В начале октября того же года космические службы США и Европы, ведущие спутниковый мониторинг общего содержания озона, сообщают, что в прошедшем сентябре дыра над Антарктидой достигла небывалых размеров. Какой напрашивается вывод? Полный конфуз американских специалистов. Как минимум нужно провести анализ этого конфуза. Но! Через год ИРСС в полном составе во главе с С. Соломон и в купе с А. Гором удостоивается Нобелевской премии мира за борьбу с глобальным потеплением?!

17 сентября 2008 г. Озоновая дыра над Антарктидой установила очередной рекорд по величине⁴. Озоновая дыра над Антарктидой превысила размеры, зафиксированные в 2007 году и будет продолжать увеличиваться еще в течение нескольких недель, сообщило во вторник метеорологическое агентство США. "За последние два дня дыра увеличивалась очень быстро и уже стала больше размеров 2007 года. Поскольку озоновая дыра продолжает увеличиваться, сейчас слишком рано судить о том, какой ширины она достигнет", - говорится в заявлении ММО.

Итак, в Антарктике фиксируется последовательное нарастание рекордов разрушения озонового слоя: 2000 г. – самая большая дыра за предыдущие 15 лет, т.е. с 1985 года; 2006 г. – новый рекорд, календарная осень 2008 г. – новый рекорд. Близкая закономерность проявляется и в Арктике.

29 апреля 2005 г. В 2005 году разрушилась треть озонового слоя над Европой⁵. ... толщина защитного слоя над северной и центральной Европой в этом сезоне достигла самой низкой отметки за все 50 лет, в течение которых производятся замеры. Об этом стало известно по результатам кампании, в ходе которой собирались данные о толщине озонового слоя с 35 станций в разных точках Европы от Гренландии до Тенерифе с января по март 2005 года, пишет журнал (Nature (Inopressa)). Значительное истончение озонового слоя наблюдалось во время холодных арктических зим в 1990-х, особенно в 1999-2000 годах. Однако сокращение этого года – на 30% – стало самым резким, сообщили ученые, собравшиеся на встречу Европейского геофизического союза в Вене. ... фактически речь идет о появлении полностью оформленной озоновой дыры крупнее, чем когда бы то ни было в прошлом, указывает Маркус Рекс, специалист Института Альфреда Вегенера по полярным и морским исследованиям в Потсдаме в Германии.

3 октября 2011 г. Огромная озоновая дыра впервые возникла над Арктикой⁶. Огромная «дыра» в озоновом слое Земли впервые возникла над Арктикой. Как сообщила международная группа ученых на страницах последнего номера журнала Nature, площадь "дыры", через которую проникает ультрафиолетовое излучение Солнца, составляет около 2 млн кв. км. Она образовалась над Арктикой в феврале-марте и перемеща-

¹ Проверить научную достоверность нижеприведенных сообщений СМИ читатель может, обратившись к профессиональному обзору состояния озоновой проблемы, сделанный недавно российскими членами Международной озоновой комиссии: Варгин П.Н., Груздев А.Н. Что происходит с озоновым слоем в настоящее время // Вестник РАН, 2013. Т. 83. № 4. С. 354–358.

² Над Антарктикой зарегистрировано рекордное увеличение озоновой дыры [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 11.10.2000. Режим доступа: <http://newsru.com/world/11Oct2000/ozon.html>.

³ До рекордных размеров выросла озоновая дыра над Антарктидой [Электронный ресурс] // Полит.ру. Новости ВМО. 3.10.2006. Режим доступа: <http://www.polit.ru/news/2006/10/03/increased.html>.

⁴ Озоновая дыра над Антарктидой установила очередной рекорд по величине [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 17.09.2008. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/17sep2008/ozone.html>.

⁵ В 2005 году разрушилась треть озонового слоя над Европой [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 29.04.2005. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/29apr2005/ozon.html>.

⁶ Огромная озоновая дыра впервые возникла над Арктикой [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 3.10.2011. Режим доступа: <http://m.newsru.com/world/03oct2011/ozonhole.html>.

лась над Северной Канадой, Северной Европой, Центральной Россией и Северо-Восточной Азией, передает ИТАР-ТАСС. "Впервые со времени начала регулярных наблюдений масштабы разрушения озонового слоя над Арктикой в первой половине 2011 года были сопоставимы с масштабами озоновой "дыры" над Антарктидой", – отмечается в докладе.

Из вышеприведенного сообщения от 29 апреля 2005 г. мы знаем, что очень сильное разрушение озонового слоя в Арктике было в зимний сезон 1999/2000 гг.; в 2005 г. оно стало для Арктики самым сильным за всю историю наблюдений; весной же 2011 г. и этот рекорд был побит! (Среднемесячный мартовский «портрет» озоновой дыры в Северном полушарии в 2011 г. приведен на рисунке 1 цветной вкладки, с. 265. Ниже мы рассмотрим его внимательнее).

Общий вывод – явная и отчетливая пульсирующая и нарастающая деструкция озонового слоя планеты с 1985 г. Происходит это нарастание на фоне тотального сокращения использования ХФУ (хлорфторуглеродов), объявленных Монреальским протоколом главными врагами стратосферного озона. Прошло 27 лет со дня подписания Протокола, который охватил своими санкциями и запретами более сотни химических веществ и почти 200 стран. А результат? – невиданные никогда прежде озоновые дыры в обоих полушариях! Реальное развитие событий в озоносфере за последнюю четверть века после принятия Протокола приводит к неоспоримому выводу о полной несостоятельности модели антропогенного воздействия на озоновый слой, положенной в основу Монреальского протокола.

На каком же основании 300 ооновских метеоученых делают совсем другие выводы и прославляют Монреальский протокол? Кто заставляет Генерального секретаря ООН на весь мир говорить неправду?

Из всех многочисленных гипотез, объясняющих причины разрушения озонового слоя особую популярность приобрела концепция разрушения озонового слоя под воздействием техногенных газов – фреонов, используемых как хладагенты и пропелленты. Эту гипотезу мы называем техногенно-фреоновой (ТФГ), подчеркивая первым словом тот факт, что такие же фреоны могут попадать в атмосферу и в результате природных процессов. Благодаря средствам массовой информации, ТФГ стала господствующей и в науке, и в общественном сознании.

Авторы техногенно-фреоновой гипотезы (ТФГ) – американские исследователи М. Молина и Ф.Ш. Роуленд, открывшие хлорный цикл разложения озона¹. Тогда же, в 1974 г., они предположили, что хлор может поступать в стратосферу в составе фреонов, которые к тому времени были обнаружены там англичанами. Самостоятельно хлор не может попасть в стратосферу из-за своей высокой активности, так как он неизбежно должен реагировать с другими веществами еще в приземных условиях. Считается, что фреоны инертны в условиях тропосферы и с течением времени могут накапливаться в стратосфере, где при фотолизе из них выделяется хлор, вступающий в реакцию взаимодействия с озоном.

Авторами и сторонниками ТФГ к настоящему времени создана модель работы хлорного цикла в специфических условиях антарктической стратосферы. Здесь, по мнению авторов, во время полярной ночи в зимнее время стратосфера выхолаживается. В условиях низких температур (около -80°C) возникают «полярные стратосферные облака» (ПСО)². На поверхности ледяных частиц в этих облаках происходят гетерогенные реакции, в результате которых из молекул фреонов выделяется свободный хлор, намерзающий на эти льдинки. Весной при появлении солнечного света лед тает, хлор высвобождается, и бурно протекают фотохимические озоноразрушающие реакции. Весь этот сценарий развивается во время действия циркумантарктического вихря, который отгораживает на всю зиму антарктическую атмосферу от атмосферы низких широт, из которых в другое время в полярные регионы меридиональными течениями переносится озон.

В августе-сентябре 1987 г. прямые замеры, произведенные американскими исследователями с борта самолета в нижней стратосфере над Антарктидой, выявили значимую корреляцию между содержаниями озона и окиси хлора в пределах озоновой дыры. В октябре 1995 г. авторы техногенно-фреоновой гипотезы получили Нобелевскую премию. (Отметим в скобках, что присуждение премии «удачно» совпало с введением в действие с 1 января 1996 г. санкций Монреальского протокола в отношении России, которая являлась тогда крупнейшим конкурентом западных фирм по производству фреонов). Нобелевская премия была присуждена, несмотря на то, что модельные расчеты, выполненные на основе ТФГ, с 1985 г. стали резко расходиться с наблюдаемыми данными (рис. 1).

Здесь важно отметить, что модельные расчеты ТФГ основаны на точных количественных данных, так как годовой выпуск фреонов в мире известен. Если расчеты резко расходятся с наблюдениями, значит, модель не работает!

Общее для всего земного шара среднее годовое количе-

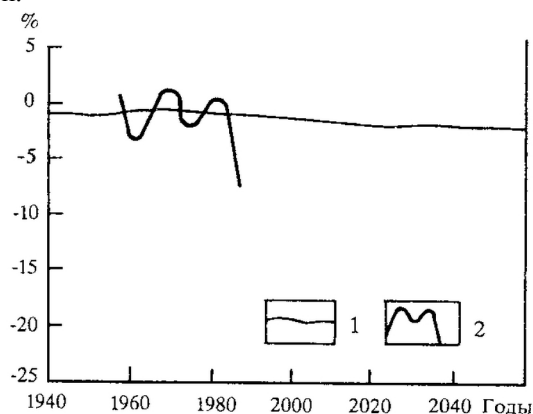


Рис. 1. Глобальная убыль стратосферного озона: (1- по расчетам техногенно-фреоновой модели; 2 – реальные наблюдения)³.

¹ Molina M.J., Rowland F.S. "Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom Catalyzed Destruction of Ozone." *Nature* 249 (1974): 810–812. См. также: Rowland F.S., Molina M.J. "Chlorofluoromethanes in the Environment." *Reviews of Geophysics* 13.1 (1975): 1–35.

² Смышляев С.П. Численное моделирование гетерогенного разрушения озона на полярных стратосферных облаках // *Метеорология и гидрология*. 1994. № 12. С. 44–51.

³ Перов С.П. Озоновый слой Земли: положение серьезнее, чем предполагали // *Земля и Вселенная*. 1990. № 1. С.10–16.

ство озона (X) увеличилось с 294,5 Д.Е. (Добсона единиц¹) в 1957–1964 гг. до 298,5 Д.Е. в 1965–1975 гг. К 1979 г. оно еще несколько повысилось и в марте этого года достигло 307,6 Д.Е. после чего наметилось некоторое снижение². Примечательно, что рост X происходил на фоне повышения выпуска фреонов, а его снижение началось после сокращения их производства. Так, именно в 1979 г. в США, Канаде, Швеции и Норвегии отказалась от производства и использования всех видов аэрозольных препаратов на основе ХФУ.

Проследившая судьбу техногенно-фреоновой гипотезы, можно сделать вывод, что она не предсказывает факты, а постоянно подстраивается под них. Так изначальный постулат о фотолизе фреонов в стратосфере был заменен гетерогенными реакциями в стратосферных облаках в специфических условиях Антарктиды. Однако озоновые аномалии появились и в Северном полушарии, где метеоусловия резко отличаются от антарктических. Огромные усилия и средства были брошены на то, чтобы доказать техногенный сценарий и для северных аномалий. Несмотря на затраченные миллионы долларов убедительных результатов достигнуто не было.

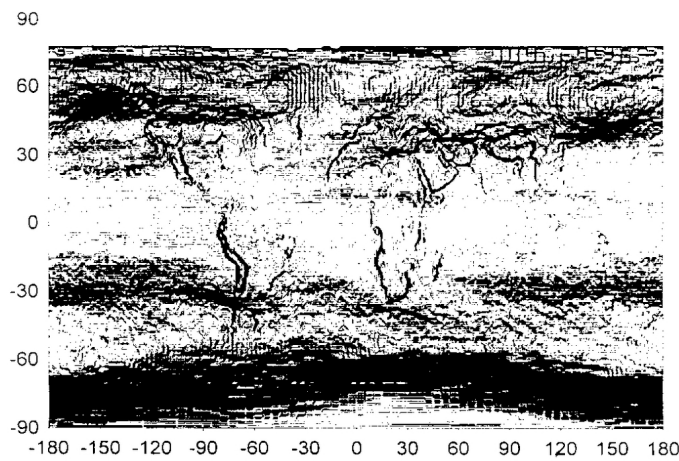


Рис. 2. Общее содержание озона в октябре 1985 г., по данным спутника TOMS-7 (темное – области пониженного содержания озона)³.

зуются эти облака, имеющие километровые толщину и длину⁵? Ведь влажность стратосферы ничтожна, близка к 1% относительной влажности воздуха. Содержание водяного пара в стратосфере в тысячу раз меньше, чем в тропосфере, где образуются обычные облака⁶. Сколько ни вымораживай сухую стратосферу, облаков не получишь. Если бы дело было только в низкой температуре, то ПСО постоянно висели бы над экватором, где в стратосфере температуры, аномально низкие для полярных регионов, являются круглогодичной нормой.

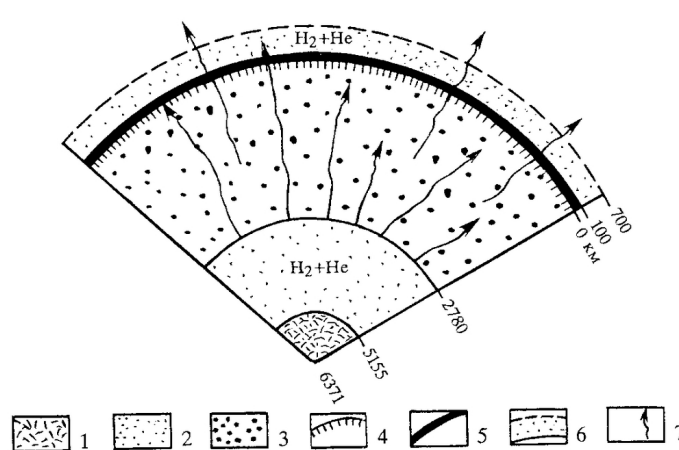


Рис. 3. Строение Земли. 1 – внутреннее ядро; 2 – внешнее ядро; 3 – мантия; 4 – земная кора; 5 – нижняя атмосфера; 6 – верхняя атмосфера; 7 – флюидные потоки.

В еще более сложную ситуацию ТФГ попала после обнаружения озоновых аномалий в тропической зоне⁴. Здесь метеоусловия явно не антарктические. Но самое губительное для нобелевской гипотезы обстоятельство заключается в том, что и в Антарктиде, и в Арктике и в тропиках озоновый слой разрушается синхронно, что хорошо видно на картах, составленных по спутниковым данным (рис. 2).

Чаще всего это происходит в конце осени начале зимы, так же, впрочем, как и в Северном полушарии. Общепланетарную синхронность разрушения озонового слоя техногенно-фреоновая гипотеза объяснить не может, во всяком случае, в ее нынешней (нобелевской) модификации.

В антарктическом варианте техногенно-фреоновой гипотезы есть несколько неясных моментов. Весь сценарий начинается с аномального зимнего выхолаживания антарктической стратосферы до температур порядка -80°C , в результате которого, якобы, образуются ПСО. Из какой же воды образуются ПСО? Ведь влажность стратосферы ничтожна, близка к 1% относительной влажности воздуха. Содержание водяного пара в стратосфере в тысячу раз меньше, чем в тропосфере, где образуются обычные облака⁶. Сколько ни вымораживай сухую стратосферу, облаков не получишь. Если бы дело было только в низкой температуре, то ПСО постоянно висели бы над экватором, где в стратосфере температуры, аномально низкие для полярных регионов, являются круглогодичной нормой.

Авторы ТФГ и их последователи, допустили грубую методологическую ошибку. Изучив реакцию взаимодействия хлора с озоном «в пробирке», они применили ее для объяснения планетарного химического, т.е. геохимического процесса. Проблема разрушения озонового слоя это геохимическая (геологическая) проблема, и она не может быть решена вне этих наук. Главное упущение нобелевских лауреатов состоит в том, что они не учли естественные потоки озоноразрушающих веществ. Атмосфера – это тонкая оболочка (подсистема) планеты Земля. 90% ее массы сосредоточены в слое толщиной в 40 км, радиус же Земли 6370 км. Масса атмосферы в миллион раз меньше массы планеты в целом (рис. 3).

Атмосфера была сформирована в результате эволюции планетного вещества и находится в тесной взаимосвязи с другими оболочками, подсистемами, планеты: гидросферой, биосферой, литосфе-

¹ Единица Добсона – единица измерения общего содержания озона, которая соответствует толщине озонового слоя, собранного отдельно и приведенного к нормальному давлению 760 мм рт. ст. и нормальной температуре 0°C . Одна единица Добсона соответствует 0,01 мм толщины озонового слоя. (Прим. ред.).

² Александров Э.Л., Кароль И.Л., Ракипова Л.Р., Седунов Ю.С., Хргиан А.Х. Атмосферный озон и изменения глобального климата. Л.: Гидрометеиздат, 1982. 167 с.

³ Казимировский Э.С., Матафонов Г.К. Континентальные и орографические структуры в глобальном распределении общего содержания озона // Доклады РАН. 1998. Т. 361. № 4. С. 544–546.

⁴ Черников А.А., Борисов Ю.А., Звягинцев А.М., Крученицкий Г.М., Перов С.П., Сидоренков Н.С., Стасюк О.В. Воздействие явления Эль-Ниньо 1997–1998 гг. на озоновый слой Земли // Метеорология и гидрология. 1998. № 3. С. 104–110.

⁵ Смышляев С.П. Указ. соч.

⁶ Маракушев А.А. Необходимо ли заменять хладагенты? // Вестник РАН. 1998. Т. 68. № 9. С. 813–816.

рой, мантией и ядром. ТФГ не учитывает эти связи, рассматривая атмосферу как замкнутую систему. Для современного уровня знаний – это грубая методологическая ошибка.

С точки зрения гносеологии, ТФГ не может считаться строгой научной гипотезой, так как она не удовлетворяет критерию верификации. Ее нельзя проверить. Сторонники этой гипотезы говорят, что даже в случае немедленного прекращения выпуска фреонов непредсказуемые результаты от действия выпущенных ранее могут сказываться на протяжении 60–70 лет.

Узвимо главное, базовое положение ТФГ о большой длительности жизни молекул фреонов в тропосфере. Сторонники техногенной гипотезы транспорт фреонов в стратосферу не рассматривают. Постулируется только, что фреоны устойчивы в тропосфере и весь их объем должен когда-то попасть в стратосферу. Однако в литературе существуют указания на возможность тропосферного стока фреонов, за счет их фотолиза в приземных условиях, а также на то, что катализаторами разложения фреонов могут быть силикатные частицы и некоторые виды почв¹.

Основная масса фреонов производится в средних широтах Северного полушария. Попасть в стратосферу по современным представлениям они могут только на экваторе, где существуют мощные восходящие токи воздуха, прорывающие тропопаузу. В этом случае, мощным геохимическим барьером на пути в стратосферу для техногенных фреонов, должен стать планетарный пояс пустынь, расположенный на 30° с.ш. Общая площадь его достигает 18% от всей суши. Здесь во время сильных бурь за 10–15 часов в воздух поднимается до 7–10 млн. т пыли и песка различного минерального состава. Даже из небольших горных долин Калифорнии, полупустынь Калмыкии и Приаралья среднестатистическая пылевая буря, которая длится 3–6 часов, выносит в атмосферу от 10000 до 50000 тыс. т пыли². Реальная продолжительность пылевых бурь варьирует от нескольких минут до нескольких суток. За год же, например, из Аральского региона выносится до 75 млн. т пыли, а из Сахары каждое лето от 60 до 220 млн. т³.

Часты пыльные бури и смерчи, внутри которых происходят мощные электрические разряды. Если какая-то часть фреонов и уцелеет в этих условиях, доберется до экватора и попадет в восходящий поток теплого воздуха, то на нисходящей его ветви большая часть воздуха, осушенного, холодного и тяжелого, вновь опустится в тот же пояс пустынь. Таковы закономерности глобальной атмосферной циркуляции.

Важно отметить, что «фреоноопасная» пыль не только насыщает воздух над пустынями, но и разносится на огромные расстояния от них. Космические исследования показали, что пыль из Сахары переносится в виде крупномасштабных вихрей через Атлантику в полосу пассатов за 6–8 суток. Из пустынь Северной Африки она выносится циклонами и в Европу. Из пустынь Восточной Африки пыль летит через Красное море в Азию. Впечатляют и размеры пылевых облаков, так в Аральском районе их длина достигает 200–400 км, в Месопотамской низменности – 500–800 км, над Атлантикой – нескольких тысяч километров. Соответственно, от нескольких тысяч до миллионов квадратных километров варьирует и площадь этих облаков. Так, в 1974 г. над Атлантикой со спутника зафиксировано⁴ пылевое облако площадью 7 млн. кв. км.

Полагаем, что экспериментальные исследования, моделирующие поведение фреонов в экстремальных условиях пустынного воздуха, могли бы дать ответ на вопрос о реальной устойчивости фреонов в приземных условиях. По мнению А.Х. Хргиана, тропосферное разрушение даже 2% произведенных промышленностью фреонов способно «сберечь» около 70% стратосферного озона и опровергнуть модельные расчеты сторонников техногенной гипотезы⁵.

Фреоны обладают способностью образовывать клатратные соединения с молекулами воды в атмосфере и поэтому могут выводиться из тропосферы вместе со снегом. После его таяния они также должны попадать в водоемы. Могут они накапливаться и в ледниках. Находки фреонов F-11 в пузырьках воздуха из антарктического льда⁶ подтверждают реальность такого процесса.

ТФГ не дает убедительного ответа на вопрос, почему феномен озоновой дыры максимально проявлен в Антарктиде, в то время как 90% населения планеты живут в Северном полушарии, где в средних широтах и сконцентрированы производство и потребление фреонов. Другими словами, сторонники ТФГ уходят от решения проблемы транспортировки фреонов из средних широт Северного полушария в высокие широты Южного, а такая проблема существует. Их стандартный ответ на этот вопрос состоит в том, что атмосфера за год перемешивается, и концентрация веществ в ней выравнивается, усредняется. Это заблуждение, которое опровергается реальными наблюдениями. Так, существует резкий градиент в концентрации метана в Северном и Южном полушариях. Этот эффект стабилен из года в год, так как основной поток биогенного метана идет из болот умеренного пояса Северного полушария (рис. 4).

Такие же закономерности характерны и для распределения техногенного газа ацетилена, в атмосфере Северного полушария его содержится больше потому, что там его больше и производят⁷. Примечательно, что для распределе-

¹ Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. Л.: Гидрометеиздат, 1980. 287 с. См. также: Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. "The Potential of Soils as a Sink for Chlorofluorocarbons and Other Man-Made Chlorocarbons." *Geophys. Res. Lett.* 16 (1989): 679–682; DeFlaun M.F., Ensley B.D., Steffan R.J. "Biological Oxidation of Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) by a Methanotrophic Bacterium." *Biotechnology* 10 (1992): 1576–1578; Lovley D.R., Woodward J.C. "Consumption of Freons CFC-11 and CFC-12 by Anaerobic Sediments and Soils." *Environ. Sci. Technol.* 26 (1992): 925–929; Oremland R.S., Lonergan D.J., Culbertson C.W., Lovley D.R. "Microbial Degradation of Hydrochlorofluorocarbons (CHCl₂F and CHCl₂CF₃) in Soils and Sediments." *Applied and Environmental Microbiology* 62.5 (1996): 1818–1821.

² Смирнов В.В., Новицкий М.А. Распространение пылевых струй в атмосфере // *Метеорология и гидрология*. 1999. № 12. С. 39–49.

³ Там же.

⁴ Байбаков С.Н., Мартынов А.И. С орбиты спутника в глаз тайфуна. М.: Наука, 1976. 176 с.

⁵ Перов С.П., Хргиан А.Х. Указ. соч.

⁶ Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. Л.: Химия, 1985. 264 с.

⁷ Там же.

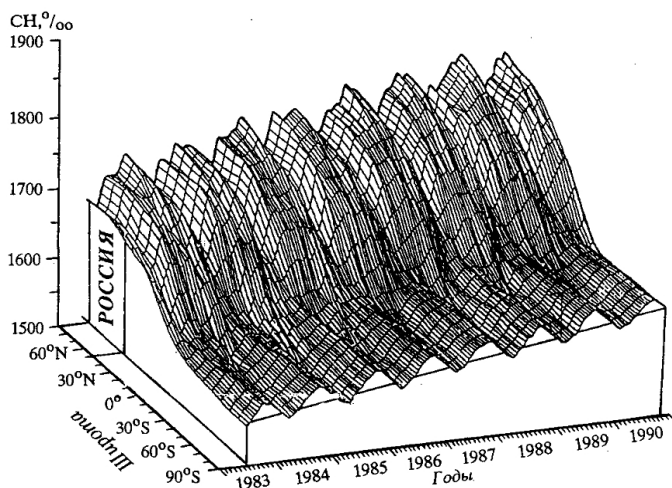


Рис. 4. Наблюдаемая концентрация метана в атмосфере (на основе анализа проб воздуха, собираемых на станциях по земному шару)¹.

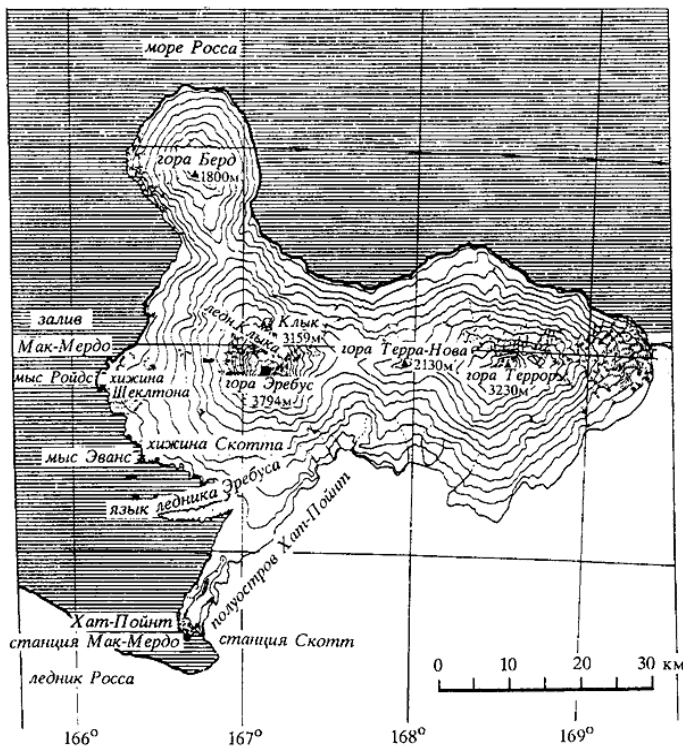


Рис. 5. Вулкан Эребус в Антарктиде².

ния фреонов в атмосфере наблюдаются обратные взаимоотношения. Опубликованы данные западных специалистов о том, что концентрации фреонов над Антарктидой, над восточной частью Тихого океана выше, чем над ФРГ или Шотландией³. В пузырьках воздуха, законсервированного в антарктическом льду, имеющем возраст 1100–2600 лет, обнаружены⁴ фреоны F-11.

В течение ряда лет прирост концентрации фреонов в атмосфере Южного полушария превышал прирост в Северном полушарии⁵. Все перечисленные факты указывают на то, что кроме техногенного, существуют и природные источники фреонов – вулканы. Повышенные относительно фона и сильно отличающиеся друг от друга концентрации фреонов были зафиксированы над вулканами Тятя, Менделеева, Головнина на о. Кунашир (Курильские острова). Эти данные весомо дополняются результатами специальных исследований содержания фреонов F-11 и F-12 в промежуточных (150–600 м) водах Охотского моря⁶. Работы выполнены в 24 рейсе российского НИС «М.А. Лаврентьев». Концентрация фреонов в морской воде определялась М. Уокером (Школа океанографии Вашингтонского университета) методом газовой хроматографии⁷. Чувствительность метода 0,010 пмоль/кг. Распределение фреонов F-11 и F-12 по данным за апрель и май 1995 г, примерно одинаковое. Высокие концентрации обнаружены в придонных водах сахалинского шельфа и на дне Южно-Охотской котловины, максимальные (до 7 пмоль/кг) концентрации фтортрихлорметана выявлены в северо-западной части Охотского моря, также в придонных водах высокой плотности. Обнаружено присутствие F-12 в воде, поднятой с глубины более 4 км в экваториальной части Атлантики и у берегов Антарктиды⁸. Находки фреонов в морских глубинах указывают на возможность их генерации подводными вулканами.

Наличие альтернативных источников фреонов и их оценка полностью игнорируется сторонниками ТФГ. В дискуссиях они обычно сомневаются в корректности проведенных анализов и говорят о возможном загрязнении проб современным воздухом, содержащим техногенные фреоны. В ответ на такую критику специалистами НАСА был проведен уникальный эксперимент. Фреоны были определены в воздухе из свинцового запаянного гроба, обнаруженного в шт. Мэриленд и датированного XVII в.⁹

Львиная доля натуральных наблюдений в озоносфере, на которых базируется ТФГ, выполняется на американской станции Мак-Мердо в Антарктиде (рис. 5).

Станция эта расположена у подножья активного вулкана планеты Эребус, но вклад вулканических газов в химические реакции, идущие в стратосфере, не учитывается. В шлейфе же влк. Эребус прямыми измерениями в реальном масштабе времени в начале 1990-х гг. были обнаружены хлористый водород и диоксид се-

¹ Паников Н.С. Таежные болота – глобальный источник атмосферного метана? // Природа. 1995. № 6. С. 14–25.

² Тазиев Г. На вулканах Суффриер, Эребус, Этна. М.: Мир, 1987. 263 с.

³ Исидоров В.А. Указ. соч.

⁴ Паников Н.С. Указ. соч.

⁵ Там же.

⁶ Андреев А.Г., Жабин И.А. Распределение фреонов и растворенного кислорода в промежуточных водах Охотского моря // Метеорология и гидрология. 2000. № 1. С. 61–69.

⁷ См.: Bulsiewicz K., Rose H., Klatt O., Putzka A., Roether W. "A Capillary-Column Chromatographic System for Efficient Chlorofluorocarbon Measurement in Ocean Waters." *Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012)* 103.C8 (1998): 15959–15970.

⁸ Зеленин К.Н. Органические вещества атмосферы // Биология. Химия. Науки о Земле. Физика. Математика. Соросовский образовательный журнал. 1998. № 4. С. 39–44.

⁹ Там же.

ры¹. Найденные концентрации составили 1,1 и 0,2 на млн., а суточный дебит названных газов оценен в 90 и 30 тонн соответственно.

Выше упоминалось, что триумфом ТФГ, который ускорил подписание Монреальского протокола, явились результаты наблюдений, произведенных с борта самолета У-2, выполнявшего полеты из чилийского г. Пунта-Аренас в глубь Антарктиды. Маршрут в целях безопасности был проложен вдоль Южно-Шетландских островов, а это вулканический архипелаг. Вулканы действующие, т.е. они постоянно выбрасывают в атмосферу большое количество газов. Этот фактор не был учтен американцами при интерпретации полученных данных, что сводит на нет ее научную значимость.

По нашим оценкам², поток природного метана в атмосферу на три – четыре порядка превосходит поток фреонов любой природы. Но! В присутствии метана хлор не реагирует с озоном. Он вступает в реакцию с метаном с образованием хлористого водорода, который выводится из системы. При указанных выше соотношениях потоков хлора и метана в атмосферу, очевидно, что хлорный цикл как процесс планетарного масштаба, т.е. как процесс геохимический, невозможен!

Обратим внимание еще на одно парадоксальное обстоятельство, нобелевская концепция и ее сторонники игнорируют огромный массив фактического материала – тысячи карт озонового слоя. Искусственные спутники Земли с озонметрической аппаратурой на борту практически ежедневно поставляют планетарные карты общего содержания озона. Измерения ОСО из космоса проводятся с 1978 г. со спутников Nimbus-7 по 1993 г, Метеор-3 (1991–1994), ADEOS (1996–1997), EarthProbe (1996–2005), OMI (с 2006 г. по настоящее время) приборами TOMS по поглощению солнечного света в ультрафиолетовом диапазоне. Кроме того, мониторинг проводился приборами SBUV GOME со спутников NOAA и ERWS-2, определяющими ОСО по поглощению в инфракрасной области солнечного спектра.

Измерение ОСО также регулярно производится более чем на 150 наземных озонметрических станциях, причем наблюдения на швейцарской станции Ароза были начаты в 1926 г. Сказанное означает, что к настоящему времени накоплен огромный массив данных о конфигурации планетарного поля озона и его ежесуточных трансформациях. Озоновые карты, число которых давно измеряется тысячами, находятся в интернете в свободном доступе. Но их никто не комментирует?! Почему? Потому что, любая из озоновых карт – смертный приговор техногенно-фреоновой гипотезе, которая не способна объяснить ни одной из них. Для примера рассмотрим две озоновые карты, представленные на рис. 1 и 2 цветной вкладки.

Первую из них мы уже называли в связи с беспрецедентным разрушением озонового слоя в Северном полушарии в марте 2011 г. Рассмотрим внимательно эту карту, Первое, что привлекает внимание, – крестообразная форма среднемесячной! аномалии, состоящей из двух пересекающихся протяженных зон пониженного ОСО. Зона с максимальной потерей озона протянулась от середины Гудзонова залива до Забайкалья. В крест ей – полоса потери озона протягивается от Средиземного моря и далее Алеутских островов. В целом контуры этой уникальной озоновой дыры достигают 50° с.ш. Центр аномалии с потерей озона до 35% смещен от Северного полюса в сторону Сибири и накрывает п-ов Таймыр. Нобелевская гипотеза не способна объяснить такую форму и размер аномалии.

На рисунке 2 цветной вкладки изображена карта озоновых аномалий Южного полушария на 2 сентября текущего (2014) года. Контур озоновой дыры вытянут от Новой Зеландии до Южной Африки. Внутри три обособленных центра с аномально низким (-40%) ОСО. Два центра расположены в океанических водах Антарктики. Третий – внутри материка на границе Западной и Восточной Антарктиды. Примечания достойна положительная (+15%) аномалия ОСО, расположенная в самом центре данной озоновой дыры. Где же здесь циркумантарктический вихрь, отделивший полярную атмосферу от низкоширотного воздуха? Дыра протягивается от 45-й широты в Тихом океане до Южного тропика в Африке! А как ТФГ объяснит многоцентровость антарктической дыры? А положительная аномалия в центре озоновой дыры! Это же осиновый кол в могилу Монреальского протокола.

Критику ТФГ можно было бы и продолжить, однако сказанного достаточно, чтобы понять, почему модельные расчеты, выполненные на основе этой гипотезы, не подтверждаются реальными наблюдениям. Непонятно другое. Почему столь уязвимая гипотеза получила статус аксиомы и стала основой серьезных международных соглашений, требующих для реализации колоссальных денежных затрат и, практически, затормозивших развитие современной цивилизации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Монреальский протокол по веществам, разрушающим озоновый слой. Принят 16 сентября 1987 года [Электронный ресурс] // Официальный сайт ООН. Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/montreal_prot.shtml.
2. Андреев А.Г., Жабин И.А. Распределение фреонов и растворенного кислорода в промежуточных водах Охотского моря // Метеорология и гидрология. 2000. № 1. С. 61–69.
3. Байбаков С.Н., Мартынов А.И. С орбиты спутника в глаз тайфуна. М.: Наука, 1976. 176 с.
4. В 2005 году разрушилась треть озонового слоя над Европой [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 29.04.2005. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/29apr2005/ozon.html>.
5. Варгин П.Н., Груздев А.Н. Что происходит с озоновым слоем в настоящее время // Вестник РАН, 2013. Т. 83. № 4. С. 354–358.
6. До рекордных размеров выросла озоновая дыра над Антарктидой [Электронный ресурс] // Полит.ру. Новости ВМО.

¹ См.: Kyle P.R. ed. *Volcanological and Environmental Studies of Mount Erebus, Antarctica, Antarctic Research Series*. Washington DC: American Geophysical Union, 1994; Kyle P.R., Kimberley M., Finnegan D. "Emission Rates of Sulfur Dioxide, Trace Gases and Metals from Mount Erebus, Antarctica." *Geophysical Research Letters* 17.12 (1990): 2125–2128; Zreda-Gostynska G., Kyle P.R., Finnegan D., Prestbo K.M. "Volcanic Gas Emissions from Mount Erebus and Their Impact on the Antarctic Environment." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* (1978–2012) 102.B7 (1997) 15039–15055.

² Сывороткин В.Л. Дегазация Земли и разрушение озонового слоя // Природа. 1993. № 9. С. 35–45; Он же. Глубинная дегазация и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.

- 3.10.2006. Режим доступа: <http://www.polit.ru/news/2006/10/03/increased.html>.
7. Зеленин К.Н. Органические вещества атмосферы // Биология. Химия. Науки о Земле. Физика. Математика. Соросовский образовательный журнал. 1998. № 4. С. 39–44.
 8. Исидоров В.А. Органическая химия атмосферы. Л.: Химия, 1985. 264 с.
 9. Казимировский Э.С., Матафонов Г.К. Континентальные и орографические структуры в глобальном распределении общего содержания озона // Доклады РАН. 1998. Т. 361. № 4. С. 544–546.
 10. Маракушев А.А. Необходимо ли заменять хладагенты? // Вестник РАН. 1998. Т. 68. № 9. С. 813–816.
 11. Монреальский протокол защитил озоновый слой [Электронный ресурс] // ФОБОС. 11.09.2014. Режим доступа: <http://www.meteovesti.ru/news.n2?item=63546109823>.
 12. Над Антарктидой зарегистрировано рекордное увеличение озоновой дыры [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 11.10.2000. Режим доступа: <http://newsru.com/world/11Oct2000/ozon.html>.
 13. Обращение Генерального секретаря Организации Объединенных Наций по поводу празднования Международного дня защиты озонового слоя [Электронный ресурс] // Официальный Интернет-сайт Проекта ЮНИДО/ГЭФ-Минприроды России № GF/RUS/11/001 «Поэтапное сокращение потребления гидрохлорфторуглеродов и стимулирование перехода на не содержащее гидрофторуглероды энергоэффективное холодильное и климатическое оборудование в Российской Федерации посредством передачи технологий». 16.09.2014. Режим доступа: http://www.ozonprogram.ru/novosti/obrashhenie_gs_oon_mdzoo_2014/.
 14. Огромная озоновая дыра впервые возникла над Арктикой [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 3.10.2011. Режим доступа: <http://m.newsru.com/world/03oct2011/ozonhole.html>.
 15. Озоновая дыра может исчезнуть через 50 лет [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 18.09.2002. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/18Sep2002/ozon.html>.
 16. Озоновая дыра над Антарктидой установила очередной рекорд по величине [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 17.09.2008. Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/17sep2008/ozone.html>.
 17. Озоновые дыры над Арктикой и Антарктикой перестали расти [Электронный ресурс] // Полит.ру. Наука. 08.09.2006. Режим доступа: http://www.POLIT.ru/science/2006/09/08/ozon_holes_stabilized.html.
 18. ООН: Озоновая дыра за последние десять лет не увеличилась [Электронный ресурс] // NEWS.Ru. 17.09.2010. Режим доступа: <http://newsru.com/world/17sep2010/ozonhole.html>.
 19. Паников Н.С. Таежные болота – глобальный источник атмосферного метана? // Природа. 1995. № 6. С. 14–25.
 20. Перов С.П. Озоновый слой Земли: положение серьезнее, чем предполагали // Земля и Вселенная. 1990. № 1. С. 10–16.
 21. Перов С.П., Хргиан А.Х. Современные проблемы атмосферного озона. Л.: Гидрометеоздат, 1980. 287 с.
 22. Смирнов В.В., Новицкий М.А. Распространение пылевых струй в атмосфере // Метеорология и гидрология. 1999. № 12. С. 39–49.
 23. Смышляев С.П. Численное моделирование гетерогенного разрушения озона на полярных стратосферных облаках // Метеорология и гидрология. 1994. № 12. С. 44–51.
 24. Сывороткин В.Л. Глубинная дегазация и глобальные катастрофы. М.: Геоинформцентр, 2002. 250 с.
 25. Сывороткин В.Л. Дегазация Земли и разрушение озонового слоя // Природа. 1993. № 9. С. 35–45.
 26. Тазиев Г. На вулканах Суфриер, Эребус, Этна. М.: Мир, 1987. 263 с.
 27. Черников А.А., Борисов Ю.А., Звягинцев А.М., Крученицкий Г.М., Перов С.П., Сидоренков Н.С., Стасюк О.В. Воздействие явления Эль-Ниньо 1997–1998 гг. на озоновый слой Земли // Метеорология и гидрология. 1998. № 3. С. 104–110.
 28. Bulsiewicz K., Rose H., Klatt O., Putzka A., Roether W. "A Capillary-Column Chromatographic System for Efficient Chlorofluorocarbon Measurement in Ocean Waters." *Journal of Geophysical Research: Oceans (1978–2012)* 103.C8 (1998): 15959–15970.
 29. DeFlaun M.F., Ensley B.D., Steffan R.J. "Biological Oxidation of Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) by a Methanotrophic Bacterium." *Biotechnology* 10 (1992): 1576–1578.
 30. Khalil M.A.K., Rasmussen R.A. "The Potential of Soils as a Sink for Chlorofluorocarbons and Other Man-Made Chlorocarbons." *Geophys. Res. Lett.* 16 (1989): 679–682.
 31. Kyle P.R. ed. *Volcanological and Environmental Studies of Mount Erebus, Antarctica, Antarctic Research Series*. Washington DC: American Geophysical Union, 1994.
 32. Kyle P.R., Kimberley M., Finnegan D. "Emission Rates of Sulfur Dioxide, Trace Gases and Metals from Mount Erebus, Antarctica." *Geophysical Research Letters* 17.12 (1990): 2125–2128.
 33. Lovley D.R., Woodward J.C. "Consumption of Freons CFC-11 and CFC-12 by Anaerobic Sediments and Soils." *Environ. Sci. Technol.* 26 (1992): 925–929.
 34. Molina M.J., Rowland F.S. "Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom Catalyzed Destruction of Ozone." *Nature* 249 (1974): 810–812.
 35. Oremland R.S., Lonergan D.J., Culbertson C.W., Lovley D.R. "Microbial Degradation of Hydrochlorofluorocarbons (CHCl2F and CHCl2CF3) in Soils and Sediments." *Applied and Environmental Microbiology* 62.5 (1996): 1818–1821.
 36. Rowland F.S., Molina M.J. "Chlorofluoromethanes in the Environment." *Reviews of Geophysics* 13.1 (1975): 1–35.
 37. "Select Ozone Maps. Ozone and Ultraviolet Research and Monitoring." *Environment Canada's World Wide Web Site*. The Green Lane™. Web. <<http://es-ee.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap?>>.
 38. Zreda-Gostynska G., Kyle P.R., Finnegan D., Prestbo K.M. "Volcanic Gas Emissions from Mount Erebus and Their Impact on the Antarctic Environment." *Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978–2012)* 102.B7 (1997) 15039–15055.

Цитирование по ГОСТ Р 7.0.11—2011:

Сывороткин, В. Л. Бесплезность Монреальского протокола для сохранения озонового слоя планеты / В.Л. Сывороткин // Пространство и Время. — 2014. — № 3(17). — С. 256—265. Стационарный сетевой адрес: 2226-7271prov_st3-17.2014.94

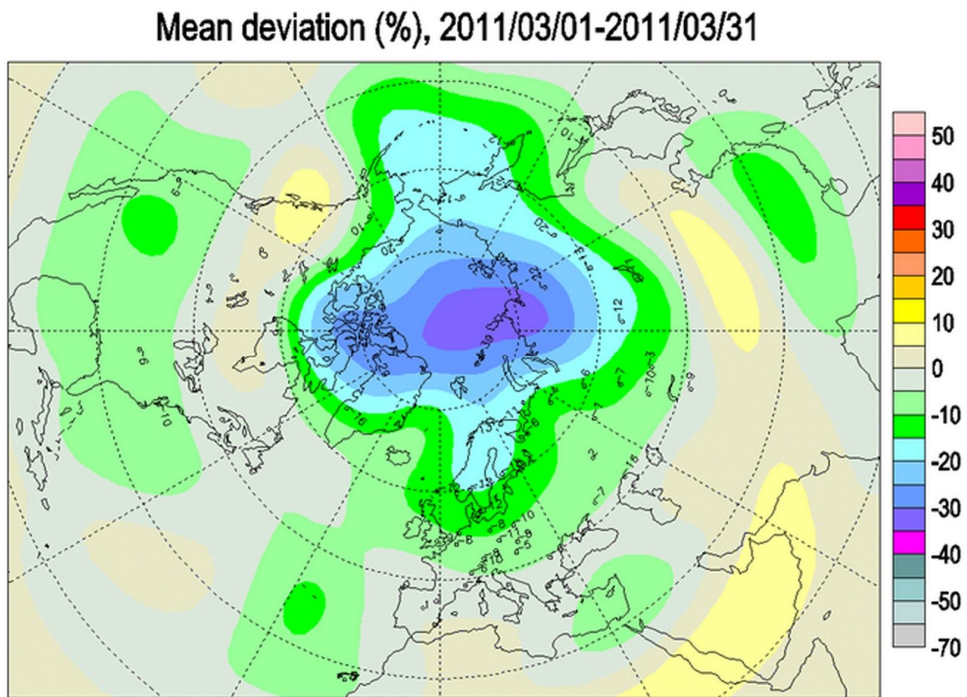


Рис. 1. Среднемесячные аномалии общего содержания озона (ОСО) в Северном полушарии в марте 2011 г.

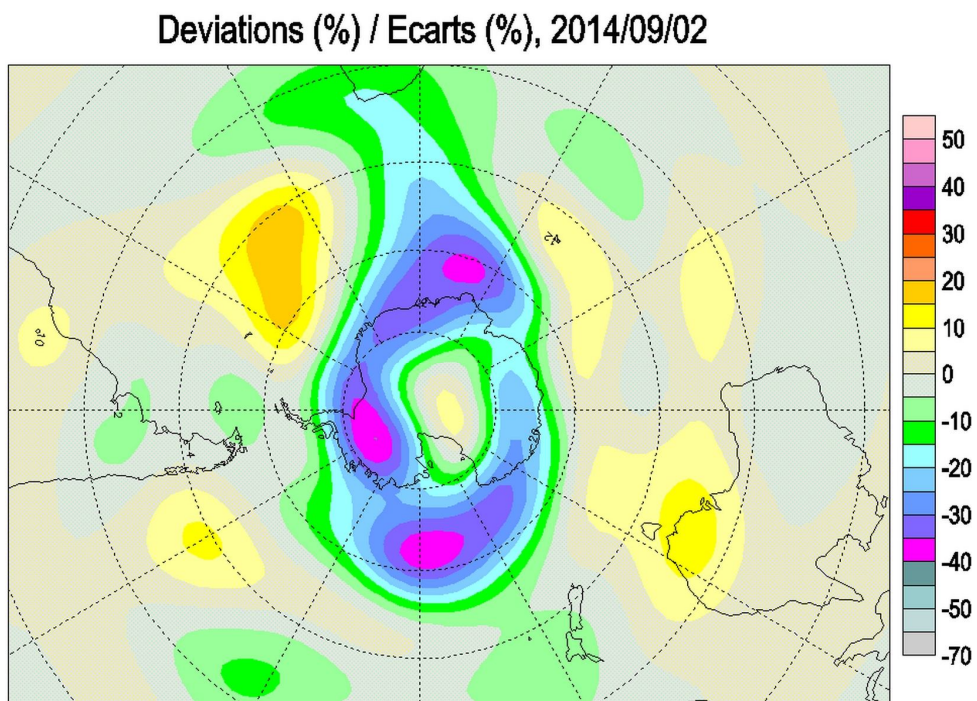


Рис. 1. Карта аномалий ОСО в Южном полушарии 2 сентября 2014 г.

Все приведенные в статье карты озона взяты на сайте: Select Ozone Maps. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://es-ee.tor.ec.gc.ca/cgi-bin/selectMap?>