

ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

КЛИМАТ В АРКТИКЕ БЪЕТ РЕКОРД ЗА РЕКОРДОМ,

ВЕЛИКОЕ

Айсберги, образованные в результате отрыва от быстро движущегося гренландского ледника Якобсхавн, проплывают мимо городка Илуиссата в лучах полярного солнца

ВЫБИВАЯ ИЗ ОБЫЧНОГО РЕЖИМА ПОГОДУ ПО ВСЕМУ МИРУ

Дженнифер Фрэнсис

ТАЯНИЕ



ОБ АВТОРЕ

Дженнифер Фрэнсис (Jennifer A. Francis) — профессор Рутгерского университета, занимается научной работой на факультете морских и прибрежных исследований с 1994 г., специалист по арктическому климату и его влиянию на погоду в разных регионах мира.



Д

вадцать пять ученых, в том числе и я, раскрыли тайну явлений в Арктике в 2003 г. Национальный научный фонд США пригласил нас на выездное совещание в Биг-Скай, штат Монтана. До этой встречи каждый из нас был сосредоточен на своих уз-

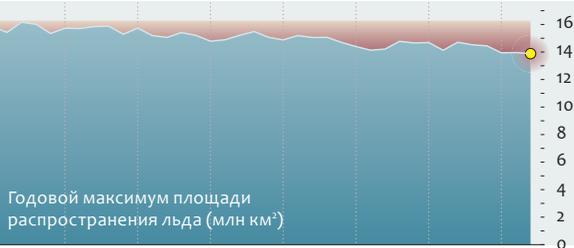
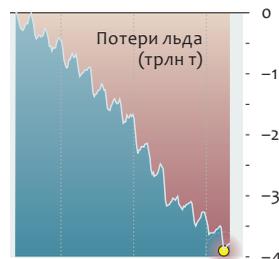
ких исследованиях в арктическом регионе. Когда мы обменялись взглядами, то пришли к единому мнению и потрясающим выводам: все изменения, которые мы обнаружили самостоятельно, были связаны. Они отлично складывались воедино. Вся арктическая экосистема клонится в сторону нового хрупкого состояния. И надежда остановить это движение представляется уже маловероятной.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ

- Климат в Арктике подвергается быстрым изменениям, за последние три года он побил по крайней мере десяток главных рекордов.
- Морские льды исчезают, температура воздуха стремительно растет, вечная мерзлота протаивает, а ледники растекаются.
- Быстрое потепление преобразовывает струйное течение и полярный вихрь, продлевая периоды аномальной жары, засухи, сильные морозы и ливневые дожди во всем мире.

Потери льда в Гренландии

Масса льда Гренландского щита резко сократилась с 2002 г., согласно данным измерений со спутников, начавшихся в том году для определения влияния ее на гравитационное поле Земли. Талые воды быстрее других источников способствуют подъему уровня океана.



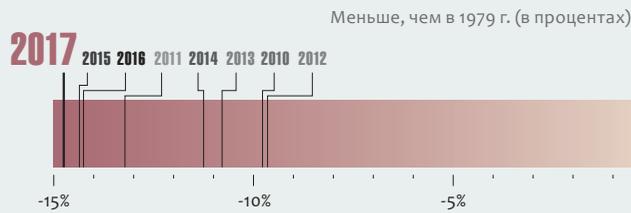
PRECEDING PAGES: GETTY IMAGES; Graphic by Pitch Interactive

Рекорды Арктики

В арктическом регионе идут радикальные изменения, и быстрые преобразования отрицательно скажутся на жизни миллиардов людей во всем мире. Только за последние три года на Севере были побиты многочисленные климатические рекорды, в отдельных случаях с ошеломляющим отрывом. Здесь представлены шесть важнейших примеров. Красными цифрами на графиках отмечены непревзойденные рекорды; значения

последних лет отражают тенденцию общего роста до этих максимумов. Каждое в отдельности воздействие изменяет окружающую среду и повседневную жизнь людей во всем регионе. Все воздействия вместе видоизменяют погоду в Северном полушарии, достигая высшей степени в формировании Арктической амплификации (*последний график*), усиливающей возможность установок экстремальных режимов круглый год.

Значение в 1979 г.



Распространение морского льда зимой

Как только зима вступает в свои права, ледяной покров сковывает Северный Ледовитый океан. Но максимальное распространение льдов неизменно убывает, особенно в Баренцевом и Беринговом морях. Ввиду сокращения ледяного покрова открытые воды океана посылают больше тепла и влаги в атмосферу, значительно нарушая режим погоды в арктическом регионе.

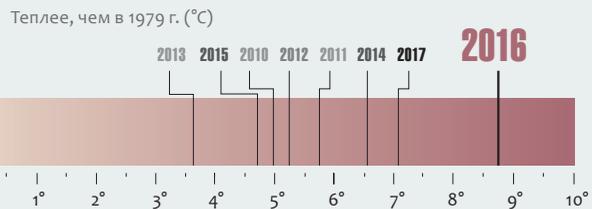


Объем морского льда зимой

К 2017 г. количество морского льда, плавающего зимой в Северном Ледовитом океане, сократилось поразительно — на 42,5% с 1979 г. Ветер с большей легкостью гонит тонкий лед, закрывая выход кораблям и местному населению. Тонкий лед также быстрее тает в теплые месяцы; за указанное время на 80% уменьшились запасы летнего льда.

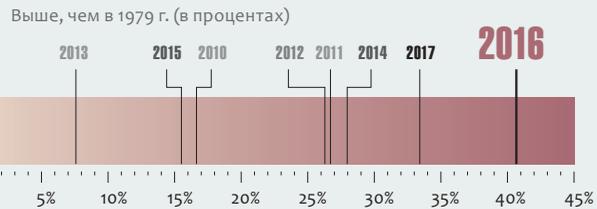
Температуры воздуха зимой

В отдельные дни температура в Арктике может быть выше нормы на 20°C, и ныне такие превышения возрастают в течение зимы. В 2016 г. средняя зимняя температура была почти на 9°C выше, чем в 1979 г. Эта тенденция может способствовать ослаблению струйного течения, вызывая резкие внезапные похолодания и снегопады на территории США, Европы и Азии.



Водяные пары зимой

С уменьшением ледяного покрова открывшиеся участки океана дополнительно увлажняют атмосферу. Даже небольшое увеличение влажности имеет значительные, еще недооцененные последствия: водяной пар — главный парниковый газ, улавливающий тепло. Он также конденсируется, образуя облака, при этом освобождается скрытая теплота. Облачность может также усилить нагревание.



Арктическая амплификация

В Арктике потепление происходит быстрее, чем в остальных регионах мира. Подобная амплификация означает, что средняя температура в Арктике приближается к среднему значению на средних широтах. Такое сужение различий температур сказывается на круглогодичном замедлении струйного течения, повышая вероятность возникновения в Северном полушарии более устойчивых аномальных погодных явлений: необычайной жары, наводнений, похолоданий и, возможно, даже более продолжительных ураганов.



SOURCES: JPL GRACE, MASCON OCEAN, ICE, AND HYDROLOGY EQUIVALENT WATER HEIGHT R100m+1CRI FILTERED VERSION 2, D. N. WIESE, D.-N. YUAN, C. ROBINING, F. W. LANDERER AND M. M. WATKINS. POLDAAC, JPL, APRIL 29, 2016. DATA ACCESSSED FEBRUARY 14, 2018 (Greenland ice); JAPAN'S NATIONAL INSTITUTE OF POLAR RESEARCH AND JAXA, VIA ARCTIC DATA ARCHIVE SYSTEM (ice extent); PIOMAS; POLAR SCIENCE CENTER (ice volume); NCEP/NCAR REANALYSIS 1; PHYSICAL SCIENCES DIVISION, ESRL, NOAA (air temperature, water vapor anomaly and amplification data)

В опубликованном докладе прозвучал ошеломляющий, вызывающий полемику вывод: при современной скорости изменений существует реальная возможность того, что в течение столетия мир увидит летом Северный Ледовитый океан без ледяного покрова, — состояние, неизвестное тысячи лет. Сегодня я опасаясь, что океан может освободиться ото льда к лету 2040 г., то есть на целых 60 лет раньше, чем это предполагалось чуть более десяти лет назад.

Изменения в Арктике точно соответствуют заключению ученых: они будут происходить, и даже быстрее, чем прогнозировалось. Последние события вышли за рамки всех расчетов. Только за три года было побито более десятка климатических рекордов, каждый из которых ранее наблюдался только в пределах многих десятилетий, в том числе это относится к исчезновению в океане ледяного покрова летом и сокращению его зимой, нагреванию воздуха и таянию земли.

Эти тенденции свидетельствуют об угрозе человечеству. Около 125 тыс. лет назад, когда в Арктике отмечалось потепление меньше, чем сегодня, уровень моря поднимался на 4–6 м. И прощайте, Майами, Новый Орлеан, морская база в Норфолке, Виргиния, большая часть Нью-Йорка и Кремниевой долины, а также Венеция, Лондон и Шанхай. Новые научные исследования показывают, что общее потепление также оказывает влияние на струйное течение, при этом пагубные погодные условия могут задержаться над территорией Северной Америки, Центральной Европы и Азии дольше обычного, подвергая тем самым миллионы людей упорному действию аномальной жары, засухам или беспощадным бурям. Планктон разрастается по всей площади южной части Северного Ледовитого океана, что может нарушить пищевые цепи, на которых держится рыбное хозяйство. А таяние массивов льда чревато внушительным добавлением объема пресной воды к югу от Гренландии, что может ослабить Гольфстрим, который в свою очередь может значительно изменить погодные условия по обеим сторонам Атлантического океана. Что же вызывает эти опасные изменения?

Потери многолетнего льда

Ученые пристально наблюдают за обменом энергией в арктической зоне, которая столь восприимчива к климатическим изменениям: она, как канарейка в угольной шахте, первая сигнализирует о нарушениях всей климатической системы. Длинный список потрясений, обрушившихся на мир в течение последних нескольких лет, не оставляет сомнений в том, что на повестке дня составление десятков моделей климатических нарушений. Следует сказать, что данные иногда говорят о более серьезных подвижках, а наши предсказания могут оказаться слишком осторожными.

Только за 40 лет площадь летнего распространения льдов в Северном Ледовитом океане сократилась наполовину. Да, наполовину. Объем морского льда также снижается круглый год, всего он уменьшился на четверть от значений начала 80-х гг. XX столетия. До недавнего времени ученые полагали, что такой экстремум будет достигнут лишь в середине нашего столетия.

Столь быстрое исчезновение летнего ледяного покрова объясняется ответной реакцией — замкнутым кругом, который может резко усилить небольшие изменения. Например, когда незначительное дополнительное количество тепла расплавляет яркий белый лед, то обнажается больше темной поверхности океана, которая отражает меньше солнечного света в космическое пространство. Поглощенное тепло продолжает нагревать контактную область, отчего тает больше льда и усиливается потепление. Зимой, когда солнце не светит, на смену приходят другие механизмы обратной связи. Так, например, морской плавучий лед в Северном Ледовитом океане ведет себя подобно изолирующему листу, предохраняющему от потерь в атмосферу тепла и влаги. Когда ледяные запасы идут на убыль, большее количество тепла и влаги может нагреть воздух, тормозя таким образом образование льда. На компьютерных моделях исчезновение льда обычно происходит слишком медленно, что способствует занижению оценки будущего потепления.

Потери морского льда — не единственная перемена, которая лишает сна ученых, в том числе и меня. Два других вида так называемого вечного арктического льда также быстро деградируют.

Вечная мерзлота — грунт, который остается мерзлым круглый год, — начала оттаивать. Постройки, сделанные на многолетней мерзлоте, разрушаются, деревья здесь падают, дороги вспучиваются. Помимо внесения разрухи в повседневную жизнь местного населения оттаивающие грунты могут выделять в атмосферу большое количество теплоулавливающих газов. Когда органическое вещество, хранимое в вечной мерзлоте в течение тысяч лет, оттаивает, то бактерии разлагают его с выделением двуокиси углерода (в присутствии кислорода) или метана (без кислорода). В Арктике содержание углерода в вечной мерзлоте превышает его наличие сегодня в атмосфере в два раза, поэтому повсеместное таяние может значительно усилить глобальное потепление, что, в свою очередь, может даже ускорить процесс таяния. Сегодня компьютерные модели недостаточно точно отражают последствия таяния вечной мерзлоты, что вносит очередную солидную порцию недооценки глобального потепления в будущем.

Третий вид бывшего вечного льда Арктики — это запасы замороженной воды на суше. Сюда относятся ледники и огромный ледяной щит



Талые воды стекают с вершины разрушающегося ледникового щита на Шпицбергене (Свальбарде), Норвегия

Гренландии, достигающий в толщину более 1,5 км. Потери этого льда возымеют ужасные последствия по всему миру, так как в отличие от таяния морского льда сток в океан непосредственно поднимет уровень моря. Летом 2016 г. общая масса льда Гренландского щита опустилась до наименьшего значения за все время измерений со спутников, ведущихся с 2002 г. (расчеты были сделаны на основе данных исследования изменений земного притяжения). Полученные величины были также меньше всех тех, что были вычислены другими методами за период начиная с конца 1950-х гг. Последние исследования показывают, что ускорение таяния льда на поверхности Гренландии подстегивается процессами нагревания, связанными с истощением морского льда.

Воздух все горячее и влажнее

Убытие морского льда и быстрое потепление в Арктике чреваты и другими серьезными последствиями. Соединение этих двух факторов может видоизменить ветры в верхних слоях тропосферы таким образом, что они принесут дополнительное тепло и влагу из южных широт к Северному полюсу. Так, в 2012 г. небывалое таяние на поверхности Гренландии произошло в результате установившегося в атмосфере чрезвычайно мощного гребня высокого давления, так называемого блокирующего антициклона. Он принес не только тепло и влагу с юга, но также и сажу от лесных пожаров, бушевавших в Северном полушарии. От этой сажи потемнели ледяные и снежные покровы (их альbedo, то есть отражательная способность, снизилось), и они стали поглощать больше солнечной радиации, ускоряя таяние, — а это еще один порочный круг.

Блокирующие антициклоны, огромные вихри в высотном струйном течении, в районе Гренландии

чаще наблюдались в последние десятилетия, особенно в летние месяцы, что, вероятно, объясняется, по крайней мере частично, тенденцией к повышению таяния. Потери массы льда летом 2016 г. были третьими в числе рекордных после 2010 и 2012 гг. Я и мои коллеги в нашей новой работе указываем, что появление все большего числа блокирующих циклонов скорее всего связано с глобальным потеплением. На компьютерных моделях ведутся поиски реального формирования и разрушения блокирующих структур, тем не менее трудно сказать, какое они будут оказывать действие в будущем.

Еще одно изменение в Арктике совершенно обескураживает. Во время последних двух зим невиданные аномально высокие температуры близ

Северного полюса сменились еще более сильными аномалиями. Убывающий и истонченный морской лед играет определенную роль в этом процессе, снижая барьеры для поступления тепла из океана в атмосферу. Аномальные колебания струйного течения в направлении «север — юг» повинны также в рекордных ударах тепла и влаги далеко на Севере. И ученые, и жители Заполярья часто не могут правильно оценить серьезных последствий поступления излишней влаги. Для начала отметим, что водяной пар — это парниковый газ, поэтому в сухом зимнем воздухе Арктики внесение небольшого количества влаги может привести к задержанию значительно большего количества тепла. Кроме того, когда эта влага конденсируется, образуя облака, освобождается скрытое тепло, продолжая нагревать воздух. И, наконец, чем больше облаков, тем больше тепла сохраняется под ними, то есть это еще один фактор катастрофического таяния.

Одни крайности

Хотя нам многое еще надо узнать, но уже вполне очевидно, что в Арктике происходят изменения — с большой скоростью и самые драматические в истории человечества. Принимая во внимание эту голую правду, ученые, специалисты в области наук об атмосфере, пытаются определить последствия в жизни людей и экосистем во всем мире в результате изменений в Арктике, чтобы мировое сообщество смогло решить, как реагировать и подготовиться к будущему.

Очевидным доказательством глобального воздействия служит затопление прибрежных областей. По данным нового отчета Союза обеспокоенных ученых, около 170 прибрежных областей США будут страдать от постоянных затоплений на протяжении 20 лет. К концу столетия, если страны

продолжат эмиссию углекислого газа на современном уровне, большинство крупных прибрежных городов мира будут испытывать регулярные разрушительные затопления. Этот предсказывающий ужасы доклад был опубликован как раз за несколько недель до ударов, нанесенных ураганами Харви, Ирма и Мария, — самыми разрушительными и разорительными в США.

Все больше оснований полагать, что сильный подогрев нижних слоев атмосферы в Арктике может оказать влияние на высотные ветры в струйном течении и даже выше в стратосфере, на полярные вихревые потоки, что циркулируют над Арктикой. Изгибы струйного течения в северном и южном направлениях образуют центры высокого и низкого давления (на картах погоды обозначены как *H* и *L*). Эти изгибы определяют погоду в Северном полушарии. Но если чрезвычайно большие изгибы случаются чаще, то следует ожидать скачков аномальной погоды в районах, где проживают миллиарды людей. Все это потому, что крупные изгибы струйного течения имеют тенденцию продвигаться медленнее с запада на восток, при этом погодные условия, которые они создают, держатся дольше. Вспомним продолжительные периоды аномальной жары, непрерывные дожди и затяжные тропические ураганы, как Харви, который затопил Хьюстон в августе 2017 г., а также более напряженные пожароопасные периоды, как тот, что воцарился в Калифорнии в прошлом году.

Крупные волны струйного течения наряду с прочным арктическим потеплением могут нарушить полярный вихрь, продлив смертельно сильные морозы или пришествие снежных бурь, включая продолжительные суровые холода, как те, что захватили северную часть США в начале января этого года. Разрушение полярного вихря может также увековечить бурные колебания струйного течения, что приносят волны безумной жары на Аляску и далекий Север, создавая вдобавок еще один порочный круг, ускоряющий арктическое потепление. В некоторых исследованиях утверждается, что потепление в Арктике тесно связано с этими волновыми режимами, в других говорится, что доказательства этой связи все же малоубедительны. Исследования на эту злободневную тему идут полным ходом.

Быстрое потепление в Арктике, вероятнее всего, значительно изменит местообитания на суше и в море. Уже, как только стал отступать морской лед, цветение планктона появилось в последнее время на новых местах, привлекая из низких широт в арктические воды рыбу, которая вытеснила местные виды. Раннее весеннее таяние в высоких широтах заставило тундру позеленеть раньше, насекомых — расплодиться тоже раньше; а перелетные птицы, чьи условно-рефлекторные реакции связаны с продолжительностью светового дня,

могут прилететь на арктические просторы слишком поздно для кормежки. Северные народы также ощущают изменения: тающие льды не дают им охотиться на традиционных угодьях и даже вынуждают покидать поселения, которым угрожает береговая эрозия под действием высоких штормовых волн в тех местах, что находились ранее под прикрытием прибрежных ледников. В то же самое время сильные государства и большие компании устремляются на поиски вновь открывшихся природных ресурсов, ибо растет напряженность среди тех, кто может заявить права собственности на какую-либо часть обширных богатых просторов дна морского.

Открытие, которое сделали мои коллеги и я на выездном семинаре в Биг-Скай, каждый раз всплывает в моей памяти, когда очередной стойкий скачок непогоды наносит серьезный ущерб или побивается новый арктический рекорд. Сейчас мои соседи стали во всем разбираться. Опросы общественного мнения показывают, что большинство американцев считают, что потери арктического льда и струйное течение, быстро вошедшие в обиход термины, действуют сообща, чтобы создать причуды погоды. Прежние арктические условия, возможно, были жестоки, но они были устойчивы. Новая арктическая обстановка менее предсказуема и может привести к необратимым изменениям с резонансным эффектом на жизнь в мировом масштабе.

Можно ли все еще избежать этих последствий? И да и нет. Поскольку климатический ответ сильно отстает от увеличения концентрации парниковых газов, а время существования двуокиси углерода в атмосфере продолжительно, будущие изменения уже заложены в систему. Однако масштаб и темпы могут быть снижены, если мировое сообщество предпримет быстрые действия по замедлению эмиссии, а также будут разработаны способы извлечения углекислого газа из атмосферы в больших количествах. Прогресс на обоих фронтах ощутим, хотя, вероятно, слишком мал и слишком запоздал, чтобы сохранить арктическую природу и землю в знакомом нам виде. Надо быть готовыми к неожиданным переменам. ■

Перевод: В.И. Сидорова

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ИСТОЧНИКИ

- Матерс Д. Струйное течение становится фатальным // ВМН, № 2, 2015.
- Arctic Matters: The Global Connection to Changes in the Arctic. National Research Council. National Academies Press, 2015.
- Amplified Arctic Warming and Mid-latitude Weather: New Perspectives on Emerging Connections. Jennifer A. Francis, Stephen J. Vavrus and Judah Cohen in WIREs Climate Change, Vol. 8, No. 5, Article. No. e474; September/October 2017.