



ГЛОБАЛЬНОЕ ПОТЕПЛЕНИЕ

Фото из страницы Алексея Екайкина в «ВКонтакте»

Ушедший год был полон горячих дискуссий о глобальном потеплении. Вероятно, это заслуга Греты Тунберг, выступившей с трибуны ООН с прочувственной речью. Конечно, ее выступление было организовано политиками, конечно, это PR-акция, но, надо признать, весьма успешная. Отвлекаясь от стилистических оценок и политических аспектов, надо поблагодарить Грету, что привела в движение такие массы серого вещества как во всем мире, так и (в особенности) у нас на родине. Нобелевскому лауреату не под силу порой то, что может сделать эмоциональная девочка — растрогать или разозлить сотни миллионов, повлияв на повестку мировых СМИ и предмет сетевых баталий. Многие профессиональные климатологи считают, что выступление Греты принесло науке скорее вред, чем пользу, но это зависит от того, насколько сами ученые готовы выступать перед широкой аудиторией. Если готовы, то теперь их аудитория будет намного больше, чем год назад, — именно в этом заслуга Греты. На самом деле, если говорить о факте антропогенного глобального потепления, предмета для споров здесь не больше, чем в дискуссиях о шарообразности Земли или о факте Большого взрыва. Но ожесточенные споры идут по всем направлениям, там и там находятся «эксперты», утверждающие, что весь научный истеблишмент либо проплачен, либо политически ангажирован, либо закоснел в поклонении замшелым авторитетам. Действительно, климатология испытывает давление со стороны политики и экономики, причем с разных сторон. Внешнее давление — очень

плохой фактор для научных исследований, но значит ли это, что климатологи в подавляющем большинстве поддались этому давлению и хором обманывают народ?

«Троицкий вариант» продолжает дискуссию о глобальном потеплении. Наша главная цель не споры о наличии/отсутствии, а просвещение. Мы не будем «давать трибуну» ораторам, отрицающим факт антропогенного потепления по той же причине, по которой мы не публикуем отрицателей Большого взрыва и теории относительности. Тем не менее ответы на расхожие мифы в дискуссии прозвучат, поскольку это весьма эффективный способ объяснения реальности.

Второй вопрос кроме самого факта антропогенного потепления — вопрос о его возможных последствиях. Может быть, оно полезно и не о чем беспокоиться? Или все-таки кому-то от него придется туго? Но, может быть, кому-то другому, а не нам? И может быть, фиг с ним, с тем, кому придется плохо? А может быть все-таки человечество едино, и не стоит различать, по ком звонит колокол? И какова оптимальная стратегия цивилизации перед лицом глобального потепления? Здесь меньше определенности и больше предмета для споров. К этому вопросу мы рассчитываем перейти во вторую очередь.

Мы вынуждены выразить сожаление, что в материалах прозвучит резкая критика высказываний Александра Городницкого — человека, которого мы любим и уважаем за другие стороны его деятельности.

Борис Штерн

О глобальном потеплении и методах его исследования и прогноза

Игорь Эзау

Игорь Эзау,

канд. физ.-мат. наук (Россия), PhD (Швеция), старший исследователь климатической группы Нансен-центра (Берген, Норвегия)



Наша планета Земля получает почти всё свое тепло от Солнца. По современным спутниковым данным, площадь в один квадратный метр, расположенная вне атмосферы и подставленная под прямым углом к лучам Солнца, получает 1365 Ватт мощности солнечного излучения. Это так называемая солнечная «постоянная». Для скептиков надо указать, что никакая она не постоянная и меняется в пределах $\pm 3\%$ в зависимости от солнечной активности, сезона и способа измерения и подсчета [1]. Вклад изменений активности Солнца, так же как и вклад активности вулканов, учтен в моделях климата [2].

Учитывая полную площадь планеты, изменение угла наклона поверхности к солнечным лучам и то, что половина Земли находится в тени, реально получаемая в среднем

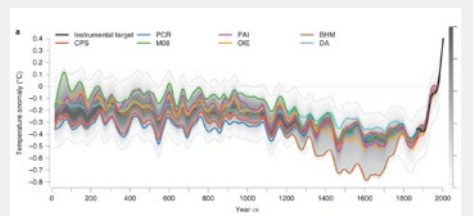
за год энергия вне атмосферы уменьшается до 340 Ватт на квадратный метр (Вт м^{-2}). Попадая на Землю, часть этой энергии отражается от облаков, от поверхности континентов и океанов, поглощается в самой атмосфере и переизлучается обратно. В итоге для приведения в действие тепловой машины климата во всех ее формах доступно только 250 Вт м^{-2} . Вот эта-то величина известна намного менее точно ($\pm 10\%$), чем солнечная постоянная. Для сравнения: вклад тепла из недр планеты мал и составляет лишь 0.03 Вт м^{-2} или около 0.01% от доступной энергии. Прямой вклад тепла, которое производит человек, примерно такого же порядка — около 0.04 Вт м^{-2} [3]. С практической точки зрения климат воспринимается человеком, да и основной частью биосферы, в виде среднего режима погоды у поверхности земли, где мы, собственно, и обитаем, и ведем свою деятельность. Хотя у погоды много важных характеристик (ветер, осадки и т. п.), о климате удобно в первом приближении су-

дить по изменениям температуры воздуха. Это интуитивно понятная величина. Она легко измеряется, и ее непосредственные измерения известны для последних примерно 200 лет, а если брать косвенные данные, например соотношение изотопов кислорода во льду Антарктиды, то и для более миллиона лет.

Если бы Земля была лишена атмосферы, то равновесная температура теплового излучения серого тела на орбите Земли была бы -18°C . Газы в атмосфере частично непрозрачны для теплового излучения, поэтому, для того чтобы потоки приходящей и уходящей энергии были в среднем одинаковы, а иначе температура будет либо расти, либо падать, необходимо нагреть излучающую поверхность, то есть увеличить поток тепла на величину, которая будет переизлучена атмосферой обратно к Земле. При неподвижной атмосфере температура Земли выросла бы до $+40^\circ\text{C}$.

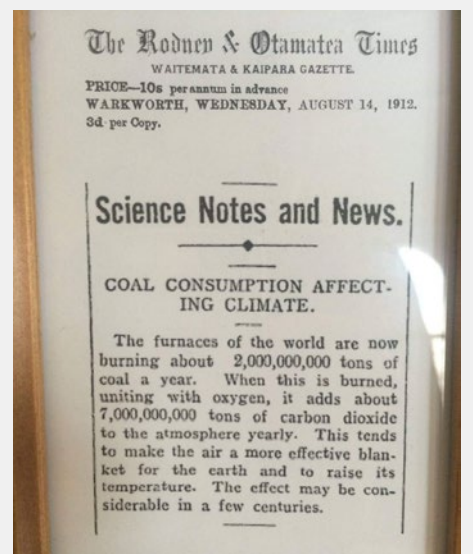
Окончание см. на стр. 2–3

В номере



Что происходит и происходило с климатом

Игорь Эзау о современном глобальном потеплении, Ирина Делюсина о колебаниях климата в прошлом, Алексей Екайкин о статье Александра Городницкого и о ледниковом щите Антарктиды — стр. 1–6



Хранители памяти

Защитим «Мемориал»! Переписка ученых с Ю.А. Дмитриевым — стр. 8–9



Со Вселенной и с темной энергией всё в порядке

Олег Верходанов о сенсационных опровержениях космологической парадигмы — стр. 10–11

По следам мегагрантов — 3

Галина Цирлина, Михаил Фейгельман и Екатерина Малинкина продолжают сериал об итогах мегагрантов. На этот раз — физика — стр. 13

Гений и игра в кости

Евгений Беркович о сложных отношениях Эйнштейна с квантовой механикой — стр. 14

Живой язык

Ирина Фуфаева о новых региональных изобретениях народа-языкотворца — стр. 16

Окончание. Начало см. на стр. 1

С перегревом помогает бороться атмосферная конвекция, которая выносит водяной пар выше основной массы атмосферы, где он выделяет тепло при конденсации и тем самым более эффективно излучает тепло в окружающее пространство. Конвективное приспособление охлаждает поверхность Земли до наблюдаемых +15 °C [4]. Таким образом, климат планеты определяется не столько приходящей солнечной энергией, сколько тем, как устроена динамика атмосферы и океана. К сожалению, при изучении динамики простыми рассуждениями о физических эффектах и оценочными суждениями не обойтись. Любой, даже самый здравый эффект может быть нивелирован или, наоборот, усилен динамикой. Динамику климата Земли нужно моделировать!

Тем не менее некоторые рассуждения о климате могут быть полезны, исключая хорошо известные орбитальные факторы, которые на протяжении десятков тысяч лет медленно управляют циклами оледенений; в историческое время, т. е. последние пять тысяч лет современного межледникового, температурные вариации определяются балансом доступного тепла от Солнца и обменом теплом с деятельным слоем океана. Вплоть до XX столетия такие температурные вариации для планеты в целом не превышали ±0.5 °C [5].

В настоящее время основным фактором, который мог бы менять величину баланса солнечного тепла, считается вулканическая активность. Геохимические исследования ледников и других отложений позволяют довольно хорошо восстановить активность вулканов в историческое время и сопоставить ее с изменениями температуры [6]. И действительно, многие исторические похолодания могут объясняться, хотя и не полностью, всплесками активности и ее «неудачной» географической и сезонной конфигурацией, тут опять проявляется динамика атмосферы: не все вулканы одинаково влияют на климат [7]. Ряд недавно опубликованных работ заставляют предположить, что изменения динамики конвективных процессов, которые отражаются на количестве, организации и отражательной способности облачности и выносе тепла от поверхности, также могут значительно влиять на баланс тепла и температуру планеты [8]. Обмен теплом с океаном может как непосредственно менять температуру — амплитуды таких изменений очень малы, — так и менять динамику атмосферных процессов и уже через эти изменения менять температуру. К сожалению, динамика взаимодействия атмосферы и океана всё еще недостаточно хорошо изучена из-за обилия обратных связей, резонансов и нелинейности [9]. Но, каковы бы ни были изменения динамики и термодинамики в историческое время, наблюдаемый факт состоит в том, что они не вызывали изменений температуры более чем на 0.5 °C.

С середины XIX века, однако, происходит нечто необычное. Два процесса — беспрецедентный рост температуры более чем на 1 °C за 100 лет и увеличение содержания углекислого газа (CO₂) более чем на 40% за это же время — разворачиваются параллельно. Кроме того, сильно растет концентрация метана, окислов азота и других «парниковых» газов. То, что сжигание ископаемого топлива и есть причина роста концентрации CO₂, доказать нетрудно. Для этого нет нужды изучать статистику добычи и использования угля, нефти, газа и т. д., впрочем, эта статистика довольно хорошо известна, достаточно изучить изменение изотопного состава углерода в атмосферном CO₂ и содержание кислорода в атмосфере (рис. 1). В природе встречаются три изотопа углерода в составе различных соединений, минералов, в воздухе и в воде океанов. Наиболее распространённый (около 98% от общего количества этого элемента) стабильный изотоп, ¹²C, содержит 6 протонов и 6 нейтронов. Стабильный изотоп ¹³C, с семью нейтронами, составляет примерно 1%. В воздухе и верхнем перемешанном слое океана имеется также некоторая малая примесь долгоживущего радиоактивного изотопа ¹⁴C, с восемью нейтронами, который получается из азота воздуха при воздействии космического излучения. Точное измерение соотношений изотопов, например отношение ¹²C/¹³C, в массе углекислого газа и метана воздуха позволяет выявлять источники наблюдаемых изменений концентрации этих парниковых газов. Растения предпочитают поглощать ¹²C. Поэтому ископаемое топливо обогащено этим изотопом, в то время как минералы небиологического происхождения и растворённый углерод океанов — нет. Как следствие, при сжигании ископаемого топ-

лива, в воздухе будет меняться не только содержание CO₂, но одновременно и отношение ¹²C/¹³C, что и наблюдается. Этого не будет происходить при изменении активности вулканов или обмена с океаном или же при производстве цемента. Отношение ¹⁴C/¹²C позволяет установить возвращается ли в атмосферу ископаемый углерод, который не содержит ¹⁴C, или это сжигается современная биомасса (леса). Таким образом, с точностью до единиц процентов, установлено, что в атмосферу добавляется углерод из ископаемого топлива, при этом именно путём его сжигания, поскольку одновременно и пропорционально падает содержание кислорода в воздухе.

Радиационные свойства газовых смесей хорошо изучены в лабораториях, превращены в формулы и тщательно откалиброванные расчетные модели различной сложности. Поэтому нам известен эффект «парниковых» газов на радиационный баланс планеты, что называется, «из пробирки». Он составил к 2014 году в целом около 3 Вт м⁻², из них эффект собственно добавленного углекислого газа составил 1.7 Вт м⁻². Хотя мы и точно не знаем баланс тепла на поверхности планеты, мы знаем, что его изменения не вызывали изменений температуры, какие мы наблюдаем за время, совпадающее с периодом роста концентраций парниковых газов.

Мы можем также сравнить оценки температуры во время предыдущих межледниковий, когда концентрации парниковых газов мало менялись, с оценками изменений баланса тепла от орбитальных эффектов, которые известны хорошо. Полученные оценки чувствительности климата, т. е. отношения изменения температуры к изменению баланса тепла, хотя и имеют большой разброс, но хорошо согласуются с современными наблюдениями и данными модельных расчетов [10], давая в среднем

1.11 Вт м⁻² К⁻¹ с 5%-95% интервалом 0.74–1.62 Вт м⁻² К⁻¹. Для нас важно следующее. Какое бы реалистичное значение чувствительности измененной температуры планеты к изменению баланса тепла мы ни выбрали, наблюдаемые изменения могут быть обеспечены только эффектом накопления CO₂ в атмосфере. Именно это и показывают оценки и модельные эксперименты с «включением» различных комбинаций радиационных эффектов, которые приводятся в докладе МГЭИК (рис. 2). Расчетные аномалии температуры систематически отличаются от ожидаемых аномалий при отсутствии выбросов углекислого газа, и это различие значимо не позже 1980 года.

Обратим внимание, что переход к более теплomu климату, который соответствует современному содержанию CO₂ в атмосфере, растянут во времени. Температурная аномалия в 1.1 °C, наблюдаемая в настоящее время, соответствует концентрациям CO₂ в середине XX века, а нынешние 408 частей на миллион частей воздуха проявятся полностью только во второй половине века XXI. Поэтому даже если немедленно прекратить выбросы, то изменения климата и рост температуры не остановятся еще долго.

Кроме CO₂, главными парниковыми газами являются водяной пар и метан в атмосфере. Содержание водяного пара быстро растет с температурой, что формирует положительную обратную связь с содержанием углекислого газа [11]. Водяной пар в 3–6 раз усиливает эффект CO₂ на рост температуры. Однако при всей своей мощи это лишь вторичный эффект, который сам по себе не приводит к долгосрочным нарушениям теплового баланса. Кроме того, перенос водяного пара в верхние слои атмосферы и его конденсация приводят к охлаждению планеты. Среднее время жизни молекулы водяного пара в атмосфере до ее выпадения на поверхность лишь четверо суток, так что водяной пар находится в динамическом равновесии с более долгоживущими нарушителями теплового баланса. То же можно сказать и о метане. Его время жизни в атмосфере около 30 лет, что также заметно меньше, чем временной масштаб изменений климата. Без CO₂ воздействие и того и другого газа быстро вернется к своему историческому равновесию.

Итак, термодинамику и перенос радиации в атмосфере, т. е. общий баланс тепла, мы понимаем достаточно хорошо; динамику, т. е. перераспределение тепла по планете, — не очень хорошо. Вопрос о роли конвекции и крупномасштабной динамики планетарных волн в атмосфере еще далеко не решен. И та и другая динамика пока не слишком хорошо воспроизводится моделями. Впрочем, модели работают достаточно хорошо, чтобы давать прогноз потепления для наблюдаемого изменения содержания CO₂ (рис. 3). И достаточно

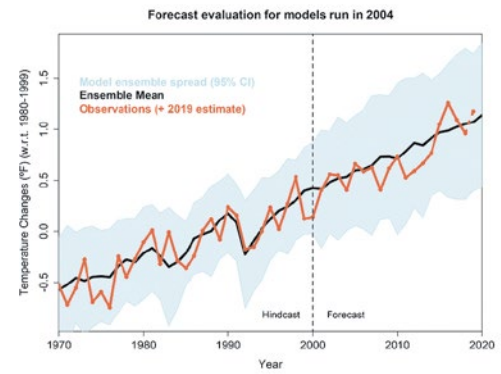


Рис. 3. Проверка предсказаний моделей из сравнительного эксперимента CMIP3, который был использован для подготовки 4-го доклада МГЭИК. Для моделей использованы данные наблюдений до 2000 года. Прогноз выдавался на 20-летний период (2000–2020). Отклонения температуры даны в градусах Фаренгейта. Подготовлено Гавином Шмидтом для [13]

хорошо, чтобы воспроизводить некоторую поддержку потепления в середине и самом конце XX века [12].

В настоящий момент достигнуты концентрации CO₂, которые не наблюдались на протяжении последних трех миллионов лет. Полученная в результате множества модельных экспериментов и анализа огромного массива исторических и геологических данных зависимость между аномалиями температуры и содержанием углекислого газа позволяет предсказать, что температура вырастет к концу XXI века по меньшей мере еще на один градус. Данные показывают, что дискуссии о сокращении выбросов CO₂ несущественны (в исторической перспективе) (рис. 4). Если выбросы не сокращать, то будут получены совершенно определенные климатические изменения, может быть, только несколько раньше или позже. На временных масштабах развития государства и инфраструктуры различия в последних несущественны.

В целом антропогенное изменение климата есть доказанный наукой факт. При всех своих недостатках модели климата в настоящее время развиты настолько, что обладают значительной доказанной предсказательной силой и не только для планеты в целом, но и для

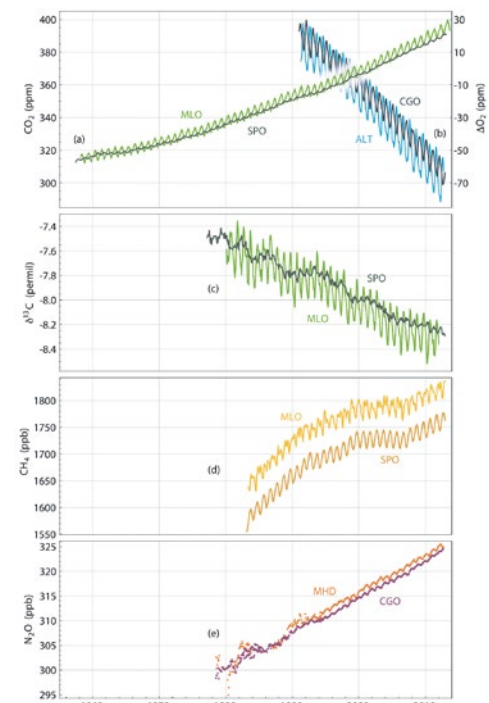


Рис. 1. (МГЭИК 5-й доклад, рис. 6.3): (а) Изменение атмосферных концентраций CO₂ (все изотопы) для станций Мауна Лоа (MLO) и Южный Полюс (SPO) — северное и южное полушария соответственно; (б) кислорода для станций Алерт (ALT) и Кейп Грим (CGO); (с) отношение устойчивых изотопов ¹³C/¹²C характеризует рост относительной доли ископаемого углерода; (д) изменение концентраций метана CH₄ и (е) окислов азота N₂O

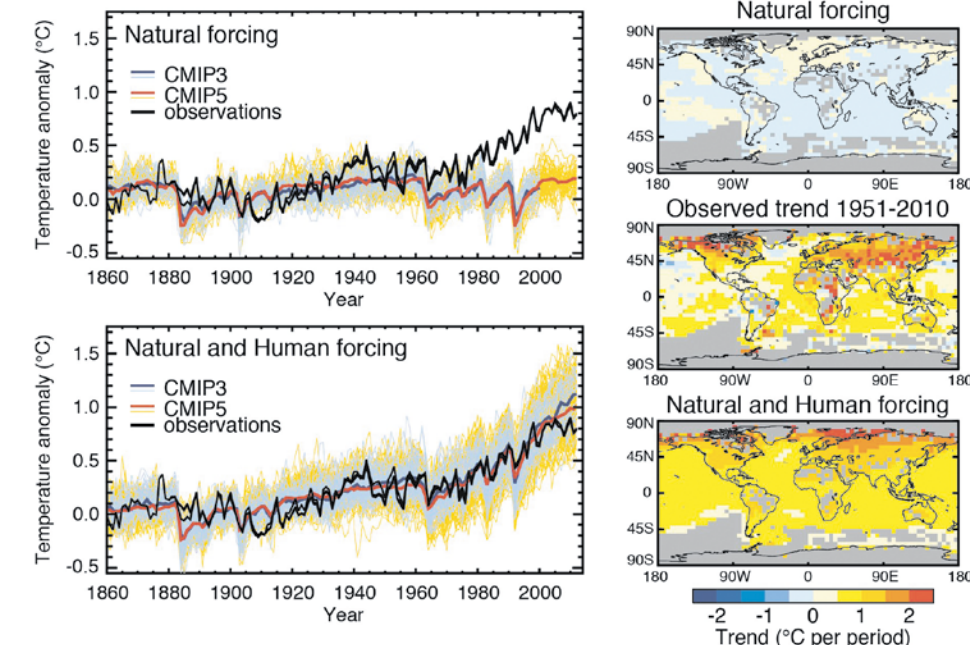


Рис. 2 (МГЭИК 5-й доклад, рис. 10.1): Аномалии температуры, полученные в расчетах исторических изменений климата с 1850 года без роста концентрации парниковых газов (верхняя панель) и с наблюдаемым ростом концентрации (нижняя панель). Справа даны соответствующие географические распределения температурных трендов. Результаты моделирования взяты из двух сравнительных экспериментов CMIP3 и CMIP5

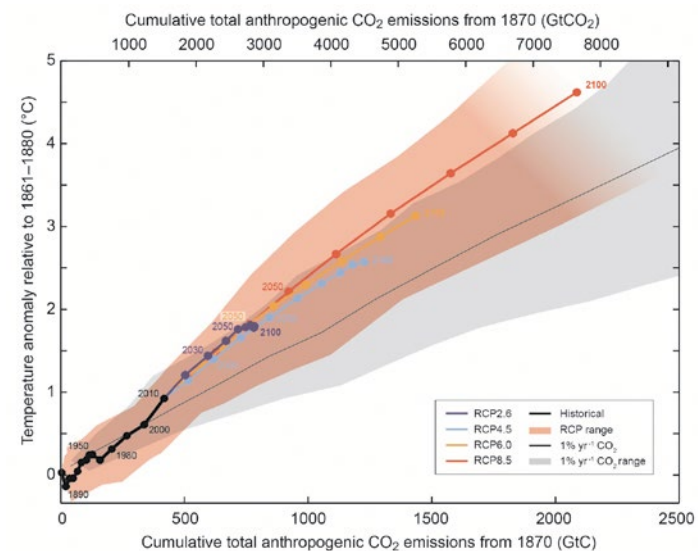


Рис. 4. (МГЭИК 5-й доклад, рис. SPM10): Зависимость аномалий температуры от накопленных выбросов антропогенного CO₂. При любом сценарии масса выбросов почти однозначно переводится в изменение температуры

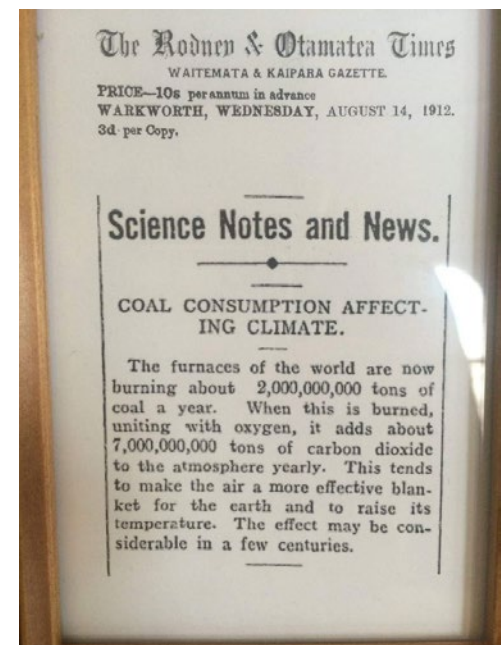


Рис. 5. Заметка из новозеландской газеты о климатических последствиях сжигания угля (1912)

Содержание углерода, способного к обмену с атмосферой в разных средах, гигатонны в пересчете на углерод

Эта таблица приведена для общей ориентации: где сколько запасено углерода, способного к пополнению атмосферного CO₂. Содержание CO₂ в атмосфере и темп антропогенной эмиссии определяются прямыми измерениями¹.

Даны только потенциально рентабельные запасы ископаемого топлива. Разброс цифр отражает неопределенность оценки.

¹ Pierre Friedlingstein et al. Global Carbon Budget 2019: earth-syst-sci-data.net/11/1783/2019

	2015 год	Примерная разница с доиндустриальным уровнем
Атмосфера	860	+275
Океан	39 000	
Живые растения	450–650	
Почва, мертвые растения	1 500–2 400	
Вечная мерзлота	1 700	
Ископаемое топливо	≈1 000–2 000	-570
Нефть	175–265	-150
Газ	385–1 135	
Уголь	445–540	

некоторых отдельных регионов, например для Северной Атлантики и Арктики. На эти факты и достижения и опирается «климатический консенсус». Серьезные споры сместились либо в область более детального изучения различных процессов, той же динамики конвекции, либо в дискуссию о том, что с этим знанием о потеплении климата человечество должно делать.

К удивлению, наверное, многих, климатические знания всегда были и есть востребованными. Медленные изменения климата, температуры и осадков интересовали человечество с момента зарождения цивилизации. Да и сами цивилизации зародились по берегам великих рек, которые чувствительны к климатическим вариациям. Известны записи уровня воды в Ниле более чем 5-тысячелетней давности. Не утратили актуальности климатические сведения и сейчас. Без знаний температуры и ее изменений невозможно ни дом построить, ни планировать развитие регионов. Последствия выбросов углекислого газа для климата были ясны ученым еще 100 лет назад (рис. 5), хотя для перехода от качественных к количественным оценкам потребовалось развитие многих отраслей математики и физики, а также системы наблюдений. Нет нужды кого-либо убеждать, что наблюдаемые изменения климата уже приняты во внимание страховыми компаниями и банками. Борьба разворачивается за принятие климатических прогнозов. Столь критикуемое климатическими активистами нежелание политиков и капитанов бизнеса противодействовать изменениям климата на деле во многом мнимое: конкретный бизнес и политика почти не имеют столь далеких горизонтов планирования, ведь требуется заблаговременность решений в 30–50 лет и более.

Тут, кажется, проявляется классическая проблема теории игр: платить надо сейчас, чтобы снизить риски, которые станут заметны через десятилетия. Поэтому внимание климатологов сосредотачивается на определении рисков климатических изменений в тех географических областях и в тех физических процессах, где они могут быть достаточно точно определены при современном уровне знаний. Одна из таких областей — Арктика и прилегающие территории — непосредственно касается России. Арктика освобождается ото льда на один, два, может быть, и три месяца в году уже через два-три десятилетия, при этом место толстого многолетнего льда занимает тонкий однолетний лед. В этом прогнозе у климатологов разногласий нет. Что за этим последует, кроме улучшения условий судоходства, не совсем понятно. Есть работы, которые указывают на усиление атмосферных волн тепла и холода в средних (более заселенных) широтах вследствие открытия Арктики. Есть другие работы, где эти выводы ставятся под сомнение. Цена вопроса для России высока. Может быть, вместо абстрактных споров о климатах далекого прошлого, что само по себе ценно, заняться более активным изучением сценариев и физических процессов климатов будущего, даже если какие-то из этих сценариев и не будут реализованы?

1. Soon W., Connolly R., & Connolly M. (2015). Re-evaluating the role of solar variability on Northern Hemisphere temperature trends since the 19th century. *Earth-Science Reviews*, 150, 409–452. doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.08.010
2. Canty T., Mascioli N. R., Smarte M. D., & Salawitch R. J. (2013). An empirical model of global climate — Part 1: A critical evaluation of volcanic cooling. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 13(8), 3997–4031. doi.org/10.5194/acp-13-3997-2013
3. “Key World Energy Statistics 2019”. International Energy Agency. 26 September 2019. Pp. 6, 36. Retrieved 7 Января 2020.
4. Manabe S. (1997). Early Development in the Study of Greenhouse Warming: The Emergence of Climate Models. *Ambio*, 26(1), 47–51.
5. Neukom R., Barboza L.A., Erb M.P. et al. Consistent multidecadal variability in global temperature reconstructions and simulations over the Common Era. *Nat. Geosci.* 12, 643–649 (2019) doi:10.1038/s41561-019-0400-0
6. Robock, A. (2000). Volcanic eruptions and climate. *Rev. Geophys.*, 38, 191–219.
7. Brönnimann S., Franke J., Nussbaumer S.U. et al. Last phase of the Little Ice Age forced by volcanic eruptions. *Nat. Geosci.* 12, 650–656 (2019) doi:10.1038/s41561-019-0402-y
8. Schneider T., Kaul C. M., & Pressel K. G. (2019). Possible climate transitions from breakup of stratocumulus decks under greenhouse warming. *Nature Geoscience*, 12(3), 163–167. doi.org/10.1038/s41561-019-0310-1
9. Shepherd T. G. (2014). Atmospheric circulation as a source of uncertainty in climate change projections. *Nature Geosciences*. doi.org/10.1038/NGEO2253
10. Knutti R., Rugenstein M. & Hegerl G. Beyond equilibrium climate sensitivity. *Nature Geosci* 10, 727–736 (2017) doi: 10.1038/ngeo3017
11. Bony S. et al (2015). Clouds, circulation and climate sensitivity. *Nature Geoscience*, 8, 261–268. doi.org/10.1038/NGEO2398
12. Medhaug I., & Drange H. (2015). Global and regional surface cooling in a warming climate: a multi-model analysis. *Climate Dynamics*. doi.org/10.1007/s00382-015-2811-y
13. climate.nasa.gov/news/2943/study-confirms-climate-models-are-getting-future-warming-projections-right/

Обмен углеродом между атмосферой и другими средами, гигатонны в год

Чистый темп накопления CO₂ в атмосфере составляет около 4.9 гигатонны по углероду. Это составляет лишь половину антропогенной эмиссии (вторая половина «съедается» океаном и растениями), но этого хватает для стремительного увеличения концентрации CO₂ в атмосфере (прирост 0.57% в год) и наблюдаемого потепления. То, что темп накопления CO₂ в атмосфере мал по сравнению с темпом его естественного круговорота, дела не меняет, поскольку естественный круговорот относительно консервативен: скорость обмена меняется гораздо медленней, чем прирост концентрации в атмосфере. Темп сжигания ископаемого топлива точнее оценивается по составу атмосферы, чем по исчерпанию запасов или по данным о сжигании топлива. В частности, антропогенный углекислый газ не содержит радиоактивного изотопа углерода C-14, поскольку в ископаемом топливе он давно распался.

	Темп
Атмосфера → океан	90 + 2.5
Океан → атмосфера	90
Атмосфера → растения	120 + 3.2
Почва + валежник + растения → атмосфера	120
Мантия (вулканы + спрединг) → атмосфера	0,1
Ископаемое топливо → атмосфера	9.5

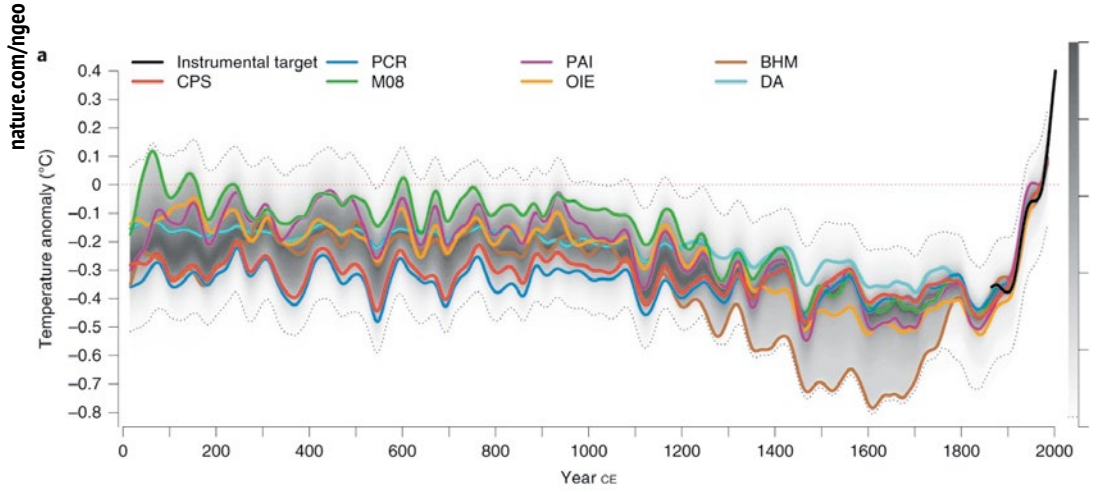


Рис. 1. Современная версия «клюшки Манна» — реконструированная/измеренная глобальная температура за 2000 лет. Разные цветные кривые — разные методы реконструкции температуры. Черная кривая — инструментальные измерения. Пунктирные кривые — 95% доверительный интервал. Все кривые сглажены. За ноль взято среднее значение температуры в интервале 1961–1990 годы. Из статьи *Nature Geoscience* volume 12, pages 643–649 (2019)

Лёд, CO₂ и время

Ирина Делюсина



Короткое введение

Я могу рассматривать сегодняшние изменения климата только с точки зрения того, что я знаю о климатах прошлого; я реконструирую природные обстановки последней геологической системы четвертичного периода, чей возраст чуть меньше трех миллионов лет. Такие знания оказались необычайно полезными в последнее время. Неожиданно выяснилось, что не только «Настоящее ключ к пониманию прошлого» [1], но и прошлое — ключ к пониманию настоящего и даже будущего. Так что условимся, что мои коллеги, хорошо разбирающиеся в атмосферной физике, будут говорить о механизмах современного климата, а я — о многовековых тенденциях. В сущности, они неразрывны.

Определение климата и его эволюции

Самое упрощенное, но правильное определение климата, это «погода за продолжительный период, примерно 30 лет и больше». Теперь осталось только выяснить, что такое погода и почему она не климат. Согласно определению NOAA, погода — это состояние атмосферы в зависимости от температуры, влажности, облачности, давления, ветра и других метеорологических показателей. Погода определяется этими условиями в конкретный момент, а климат определяется средним погодным условиям в течение длительного периода.

Давайте добавим сюда научное определение, данное еще в 1982 году А. Мониным [2]:

«Климатом называется статистический ансамбль состояний, проходимых системой Атмосферы–Океана–Суши за периоды в несколько десятилетий.

Под статистическим ансамблем здесь понимается множество A элементов a с заданной на нем вероятностной мерой $P(A)$, указывающей для каждого измеримого подмножества $A \subset \mathcal{A}$ — его вероятность $P\{a \in A\}$.

Поскольку состояния системы АОС суть многокомпонентные поля, математически климат определяется как многокомпонентное случайное поле».

Запомним главное: мы имеем дело с огромным количеством переменных подмножеств системы климата, и они могут изменяться случайным образом. При таком условии, с первого взгляда, проблема реконструкции или, тем более, предсказания климата выглядит устрашающе невозможной. Но это не так. Случайные процессы, которые могут испортить прогноз на послезавтра, на длинной вековой временной шкале нивелируются и усредняются, и из хаотического движения мы получаем закономерные тенденции. Для понимания этих закономерностей нужно разобраться в теории хаоса, что

нельзя сделать в этих заметках. Но мы знаем, что существуют климаты современной Земли, скажем морской, континентальный, тропический и т. д. [3], они определяются усредненными значениями температуры и влажности для определенных территорий, и это не вызывает у нас удивления. Значит, нужно условиться, что, зная исходные условия системы АОС, мы можем попытаться восстановить и прошлый и будущий климат. Тут и зарыта собака. Мы должны знать исходные условия, чтобы понять, куда дальше движется наша климатическая система.

Погода хаотична, а климат в целом нет [4].

Ученые за несколько последних веков сделали столько наблюдений, собрали столько данных, обсудили столько теорий, научились определять абсолютный возраст древних геологических пород, распознавать химический состав отложений и понимать на этом основании, в каких природных условиях они накапливались, что палеоклиматология стала точнее, чем привычная нам история, которую мы пока еще не умеем измерять приборами и судить о ней по изотопам химических элементов и моделировать в будущее. О предсказаниях мы поговорим в следующий раз, а вот какие знания нам дала палеоклиматология.

1. Циклы Миланковича

Климат Земли претерпевает значительные изменения за 100 000–1 000 000 лет. Эти изменения происходят потому, что климат чувствителен к планетарным орбитальным изменениям. Земля вращается с наклоном оси, совершая так называемую прецессию, где вершина «волчка» перемещается по окружности с периодом примерно каждые 23 000 лет. Наклон оси Земли колеблется в пределах от 22.1 до 24.5° с периодом в ~40 000. Прецессия и наклон оси Земли происходят в результате гравитационного притяжения Луны и планет Солнечной системы, главным образом Юпитера. Земная орбита вокруг Солнца, слегка эллиптически вытянута, циклически изменяет свой эксцентриситет в промежутках времени в ~100 000 лет.

Изменения наклона земной оси и ее прецессии отражаются на изменении поступающей солнечной радиации, особенно в высоких широтах, в то время как изменение эксцентриситета влияет на изменение получаемого солнечного тепла на всех широтах.

В настоящее время признано, что изменения в сезонном и широтном распределении солнечного тепла, достигающего Земли, генерируемые этими орбитальными циклами, циклами Миланковича, приводят к возникновению, росту или уменьшению

Окончание см. на стр. 4–5

Циклы Миланковича

	Период, тыс. лет	Причина	Пределы
Прецессия земной оси	25.8	Луна, Солнце	
Нутация (изменение наклона земной оси)	41	Луна, Солнце	21.2–24.5
Изменение эксцентриситета	95, 120, 400	Юпитер, Сатурн	5 · 10 ⁻⁵ –0.068

Механизм действия циклов: максимально теплое лето в северном полушарии (перигелий при максимальной эллиптичности орбиты и большом наклоне оси) влечет глобальное потепление, и наоборот.

Окончание. Начало см. на стр. 3

ледяных шапок Земли. Важно рассматривать все три цикла совокупно. Ни один из этих циклов по отдельности не дал бы никаких изменений в земном климате.

Теория Миланковича прошла свой сложный путь адаптации научным сообществом, несколько десятилетий ее обсуждали и подвергали сомнениям, так же как сейчас теорию глобального потепления. Но после того, как были получены обширные свидетельства этих изменений, основанные на измерениях изотопного состава кислорода за последние 130 000 лет из ледяных кернов Гренландии и за 800 000 лет в Антарктиде, а позже из глубоководных донных колонок океана, лёссов, сталактитов и сталагмитов в пещерах, в глубоководных озерных отложениях, в кораллах и т. д., сомнений больше не осталось.

В последний миллион лет оледенения и межледниковья на Земле обусловлены орбитальными причинами и происходят с периодичностью в ~ 100 тыс. лет.

Следует отметить два существенных обстоятельства:

1) этот цикл нестабилен, он может колебаться, удлиняясь или укорачиваясь на несколько тысяч или даже десятков тысяч лет. Связано это со взаимным гравитационным притяжением планет Солнечной системы в разных точках прохождения их орбит и нуждается в постоянных корректировках текущей ситуации. Но цикл сам по себе остается; 2) начиная с миллиона лет назад периодичность оледенений на Земле равна ~100 тыс. лет, совпадая с периодом изменения эксцентриситета. До этого, по крайней мере последние три миллиона лет, оледенения шли с периодичностью в ~40 тыс. лет, совпадая с периодичностью изменения наклона земной оси. Объяснение этого скачка уже за-

брезжило в многочисленных исследованиях, но оно еще не готово для популярного обсуждения. В нашем случае примем его как данность. На сегодняшний день ледниковые периоды сменяются межледниковыми, т. е. климат Земли меняется радикально раз в 100 тыс. лет по той причине, что Земля в результате совокупного положения всех трех орбитальных изменений получает большее количество солнечной радиации на свою поверхность.

Мы живем не так долго. Что-то должно объяснить и наши мелкие проблемы с климатом.

2. События Дансгаарда – Эшгера и новое понимание роли CO₂

В то время как форсирующие оледенения орбитальные циклы имеют синусоидальные колебания, циклы ледниковых и межледниковых периодов не являются простыми синусоидами. Ледниковые периоды, наоборот, резко заканчиваются, а начинаются постепенно, что указывает на сложные обратные связи между этими процессами.

После того как впервые были получены и исследованы ледяные керны из Гренландских колонок с очень высоким временным разрешением, стало очевидно, что в климате происходят резкие кратковременные изменения в течение 100–10 000 лет. Таким образом, на фоне орбитальных изменений климата существуют и кратковременные, которые для жизни человека гораздо важнее.

А теперь внимание!

В 1972 году датский ученый Дансгаард впервые исследовал содержание кислорода в накопленных слоях ледяных кернов и продемонстрировал, что соотношение тяжелых изотопов ¹⁸O и легких ¹⁶O во льду систематически варьирует в соответствии с изменением температуры, и это соотношение ¹⁸O/¹⁶O уменьшается на 0,7 пермилл (ppt) на каждый 1 °C похолодания [5].

Это соотношение упрощенно называется «дельта ¹⁸O» и определяется по формуле

$$\Delta^{18}O = \left(\frac{{}^{18}O/{}^{16}O \text{ в образце} - {}^{18}O/{}^{16}O}{\text{стандарт}} \right) \times 1000,$$

которая с тех пор стала основным инструментом получения палеотемператур почти во всех типах ископаемых осадков.

Чуть позже, уже вместе с Эшгером [6], они установили, что каждый внезапный рост ¹⁸O соответствовал 50 промиллям повышения концентрации CO₂ и наоборот. Так были открыты Дансгаарда – Эшгера (Д–Э) эпизоды потепления, сопровождающиеся последующим похолоданием. Они происходят в квазипериодическом режиме с интервалом в ~1,2 тыс. до 800 лет. Всего насчитывается 25 Д–Э эпизодов за 120 тыс. лет (рис. 2).

Если вы станете проверять Д–Э-события в «Википедии», вы прочтаете, что причина их до сих пор не ясна. Это не совсем так. Хотя тут еще многое предстоит понять, но одно из объяснений подтверждено наибольшим количеством исследований, и это явление называется «опрокидывающейся термохалинной циркуляцией» (соответствующего русского термина нет), которая ответственна за формирование меридиональной циркуляции Атлантического океана (АМОС – стандартная английская аббревиатура, или Атлантический меридиональный перенос тепла, АМПТ по-русски).

Первоначальное предположение о том, почему произошли события Дансгаарда – Эшгера, предложено Валли Брокером [7], и оно остается преобладающим мнением до сих пор. Это конвейер, являющийся частью крупномасштабной циркуляции океана, регулируемый глобальным градиентом давления, создаваемым температурой поверхности океана и приносом пресной воды.

Он отвечает за крупномасштабный перенос водных масс в океане, включая перенос кислорода в глубокие слои океана. Весь круговорот занимает ~2000 лет [8].

Этого графика, без которого теперь вы не найдете ни одного учебника по любым наукам о Земле, не существовало всего 30 лет назад! Мы все знали со школьной скамьи о существовании Гольфстрима, но мы не знали, что

это всего лишь часть глобального «конвейерного пояса» течений и что симметрично поверхностным течениям, переносимым ветром, существует придонные холодные течения, регулируемые разницей в температуре, солености и плотности океанической воды в разных широтах планеты. Но открытие Брокера было не в том, что существуют придонные течения (это выяснялось постепенно с усовершенствованием методов исследования океана), а в том, что этот конвейер имеет свойство заглушаться при резких потеплениях на поверхности Земли. И возобновляется при похолоданиях. Как?

Процитирую самого автора, В. Брокера с небольшими сокращениями.

«Эта крупномасштабная циркуляция обусловлена спуском в глубокие слои холодной и соленой воды в двух местах на планете: в Северной Атлантике, в окрестностях Исландии, и в Южном океане на периметре антарктического континента.

Эти потоки важны для климата Земли, потому что они перераспределяют тепло. Это перераспределение особенно важно для суши, окружающей Северную Атлантику. Заменяя воду, опускающуюся на дно Северной Атлантики, теплые воды на поверхности океана переносятся на север к Исландии в поверхностном рукаве конвейера. Поскольку этот верхний рукав течения проходит через низкие широты, он нагревается солнцем. Когда он достигает высоких северных широт, накопленное тепло выделяется в атмосферу. В зимние месяцы это тепло ослабляет холодные арктические воздушные массы, которые движутся на восток через Атлантику. Это дополнительное тепло помогает поддерживать мягкие зимы в Северной Европе. Масштаб переноса воды и энергии в этом конвейере огромен. Он равен ста Амазонкам и соответствует количеству осадков по всему земному шару. Движущийся на север рукав несет со средней температурой 12 °C в область Исландии. Вода, погружающаяся на глубину, в среднем составляет всего 2 °C. Следовательно, на каждый кубический сантиметр воды, переносимой на север верхней конечностью конвейера, в атмосферу выбрасывается 10 калорий тепла. Это составляет в целом ошеломляющую величину, равную примерно одной четверти солнечного

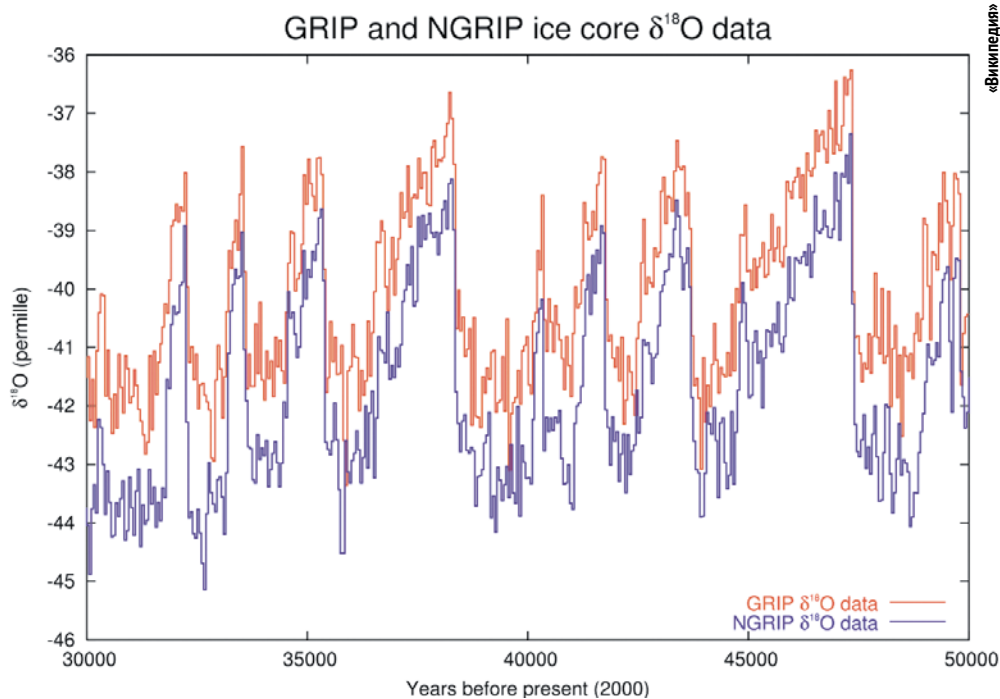


Рис. 2. Данные Гренландских GRIP и NGRIP ледяных кернов. Дельта O-18; крупным планом между 30 тыс. и 50 тыс. лет. Данные GRIP построены в своем собственном масштабе времени; шкала времени NGRIP смещена линейно, поэтому скачки при 35,5 и 44,5 тыс. лет совпадают между колонками. Смещение в дельта-O18 между колонками является реальным

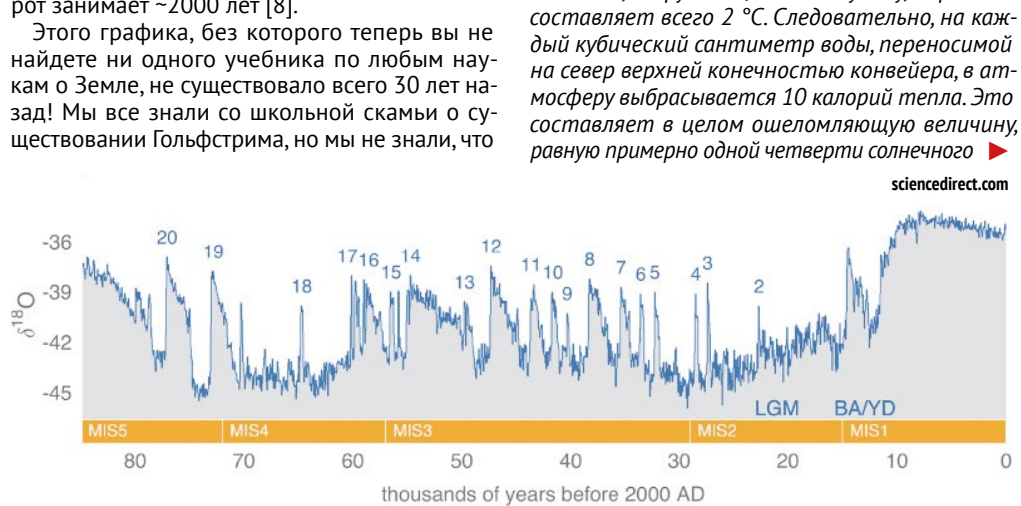


Рис. 4. События Дансгаарда – Эшгера в записи изотопного состава кислорода гренландского льда за тысячи лет до 2000 года н. э. (ка). Ледяная колонка из проекта «Северного Гренландского ледяного щита» в точке 75.10° с. ш., 42.32° з. д., высота над уровнем моря 2917 м (группа NGRIP, 2004). Горизонтальная оранжевая полоса показывает морские изотопные стадии (MIS) в течение этого периода. События Дансгаарда – Эшгера помечены синими цифрами. Также отмечены последний ледниковый максимум (LGM) и переход от Бёллинга – Аллёрода / к позднему дриасу (BA / YD)

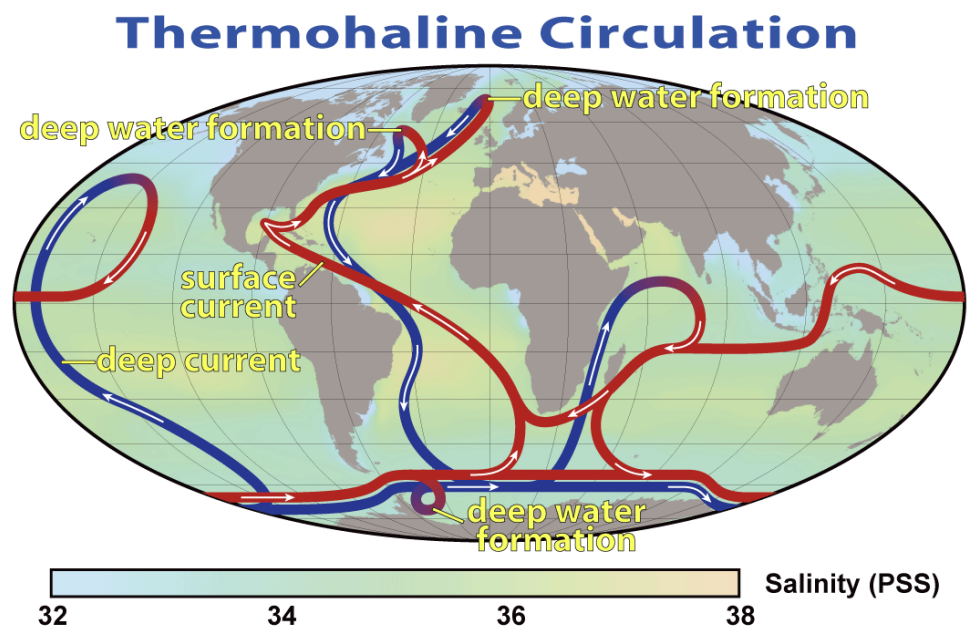


Рис. 3. Краткое описание пути термохалинной циркуляции. Синие линии представляют глубоководные течения, красные – поверхностные течения. Deep water formation – формирование «глубокой воды». На этой карте показана схема термохалинной циркуляции, также известная как «меридиональная опрокидывающая циркуляция». Этот конвейер течений отвечает за крупномасштабный обмен водными массами в океане, включая снабжение кислородом глубокий океан. Вся схема обращения занимает ~ 2000 лет

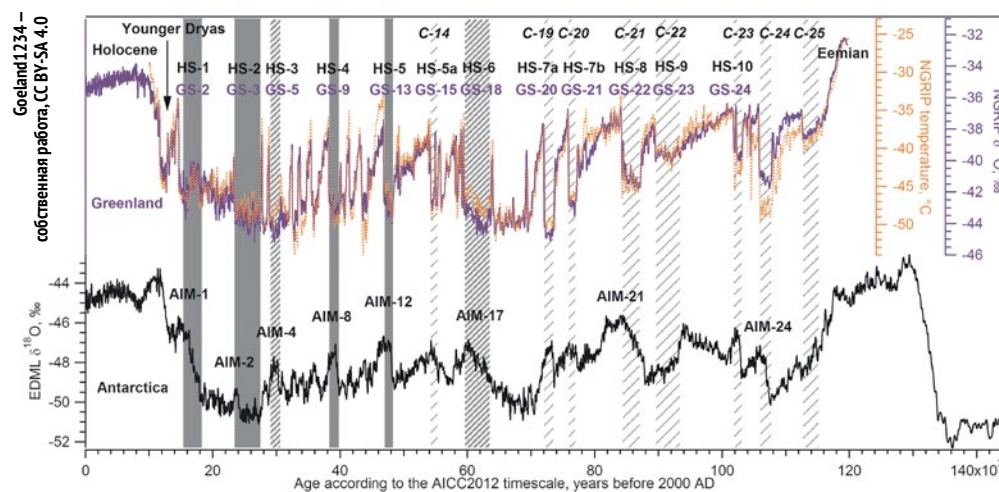


Рис. 5: Хронология важных климатических явлений за последний ледниковый период (~ последние 120 000 лет), зарегистрированных в кернах полярного льда, и приблизительное относительное положение событий Хайнриха, первоначально зарегистрированных в кернах морских отложений из Северной Атлантики. Светло-фиолетовая линия: δ18O из ледяной колонки NGRIP (Гренландия), в пермилах (группа NGRIP, 2004). Оранжевые точки: восстановленные температуры на буровой площадке NGRIP (Kindler et al., 2014). Темно-фиолетовая линия: δ18O из ледяной колонки EDML (Антарктида), в пермилах (группа сообщества EPICA, 2006). Серые области: основные события Хайнриха, в основном для Лаврентийского ледникового щита (H1, H2, H4, H5). Серая штриховка: основные события Хайнриха, в основном для европейского континента (H3, H6). Светло-серая штриховка и номера от C-14 до C-25: второстепенные слои IRD, зарегистрированные в колонках морских отложений Северной Атлантики (Charpan et al., 1999). От HS-1 до HS-10: Стадии Хайнриха (HS, Heinrich, 1988; Rasmussen et al., 2003; Rashid et al., 2003). От GS-2 до GS-24: Гренландские стадии (GS, Rasmussen et al., 2014). AIM-1 – AIM-24: Антарктический изотопный максимум (AIM, группа сообщества EPICA, 2006). Записи ледяных кернов Антарктиды и Гренландии показаны в их общей временной шкале AICC2012 (Bazin et al., 2013; Veres et al., 2013)

Юрий Дмитриев.
Фото С. Панкевич

«Нещадно время затягивает на земле шрамы от расстрельных рвов и ям...»



потомкам. У меня нет ни малейших сомнений, что миллионы людей в России сегодня думают так же, а завтра, в том числе благодаря Вашим усилиям, так будет думать вся страна.

И тогда мы будем свободны.

Искренне Ваш
Александр Кабанов, д. х. н., член Academia Europaea, член Национальной академии изобретателей США, член-корреспондент РАН

Москва,
24 ноября 2019 года

Дорогой Юрий Алексеевич!

Мы с Вами не знакомы лично, но дело, которое Вы начали, никого не оставляет безучастным. Вы сохраняете память о жертвах сталинского режима. Я — о тех, кто сегодня пытается оправдать репрессии, о тех, кто, безнадежно запятив свою репутацию, пытается учить нас жить, о тех, кто осуждает невинных и фальсифицирует правосудие. Всё это вместе складывается в одну картину, которую мы сохраним для будущих поколений.

Неизбежно, в силу даже биологических законов природы, новое поколение придет на смену, и очень важно, чтобы они знали, откуда они пришли, чтобы больше никогда не повторять ошибок прошлого. Время работает на нас. Время приближает Ваше освобождение. Совсем недавно мы с Вами и Вашими коллегами были номинированы на премию Егора Гайдара за «Вклад в построение гражданского общества». Я искренне рад, что эта премия по праву досталась Вам и Вашим коллегам по проекту «Сандармох». Очень надеюсь в самом скором времени встретиться с Вами на свободе и пожать Вам руку.

Ваш,
Андрей Ростовцев (сооснователь
Вольного сообщества «Диссернет»)

СИЗО-1 Петрозаводска,
19 декабря 2019 года

Добрый день, Андрей!

Большое спасибо за полное теплых слов письмо. Тронут...

Услышать такие слова от коллеги (а мы с Вами, несомненно, коллеги) — дорогого стоит. Да, мы ищем и находим возможности донести до людей правду. А это всегда непросто. Ее тщательно скрывают и «мои», и «ваши» контрагенты. Да еще и защищают свое право врать (именно это слово больше всего подходит для узаконенной государственной и ведомственной лжи) специальными указами, законами, приказами и инструкциями.

Нужно большое умение и мужество, чтобы продаться через все это нагромождение запретов «знать правду». Именно за это умение и мужество вас и номинировали на премию Егора Гайдара.

Я даже стесняюсь спрашивать, сколько «зубрам» от науки вы с коллегами подпортили карьеру и имидж. Как я слышал — многим! И поделом!

В нашем случае и всякого рода официальным запросам на «знать

Если вы хотите написать Хоттабычу, направляйте письма на адрес: ФКУ СИЗО № 1 УФСИН 185035, Республика Карелия, г. Петрозаводск, ул. Герцена, д. 47. Юрию Алексеевичу Дмитриеву, 1956 года рождения.

В конверт лучше вложить еще один конверт с маркой, чтобы Ю.А. мог вам ответить.

Наша газета выйдет 28 января 2020 года, в день, когда краеведа, поисковика захоронений жертв ГУЛАГа Юрию Алексеевичу Дмитриеву исполнится 64 года. Уже третий раз он встречает свой день рождения не на свободе, а в СИЗО г. Петрозаводска. Ожидается, что второй суд над Дмитриевым (первый закончился его полным оправданием по «плохим» статьям) завершится в конце февраля — начале марта 2020 года.

Юрий Алексеевич в своей камере, к сожалению, не может получать книги с воли (в СИЗО нет библиотеки, и по этой причине книги не принимают). К радости Хоттабыча (так он подписывает свои послания), в его неволе нет и телевизора. Так что увидеть и услышать друзей в коридорах суда, а также получать открытки и письма людей — единственная для него возможность общаться со свободными людьми. Он старается отвечать каждому и рад каждому письму. С недавних пор Дмитриеву стали писать ученые и научные журналисты. С разрешения авторов публикуем тексты некоторых посланий к Хоттабычу.

Владимир Сурдин, Москва,
23 ноября 2019 года

Уважаемый Юрий Алексеевич, позвольте представиться: я астроном, Владимир Георгиевич Сурдин. Работаю в МГУ. Мы с Вами никогда не встречались, но о Ваших делах, успехах и неприятностях я слышу уже не первый год. И переживаю за Вас.

Полагаю, Вам не часто приходится общаться с астрономами. Ваша и моя работа лежит в разных плоскостях, но оба мы понимаем, что страна, в которой мы родились, живем и будем жить до конца, тяжело больна и что лечение ее продлится долго и будет непростым. Библейских сорока лет явно не хватит для того, чтобы большинство наших сограждан изжили в себе рабов и господ, чтобы стали нормальными, культурными, цивилизованными людьми. Чтобы удовольствие от жизни получали в работе, а не в воровстве и пьянке. Чтобы врать и ругаться стало неприлично. Чтобы ощущение силы рождалось в человеке от внутреннего достоинства и знаний, а не от его присутствия в стае/банде/партии/системе...

Не подумайте, я не прожектер и не утопист. Как в 1960-е не верил в ком-

мунизм через 20 лет, так же и теперь не верю в близкое светлое будущее. Но постепенно мир меняется. Не везде одинаково быстро, не везде каждый день в лучшую сторону, но в целом мир движется в правильном направлении. И движем его мы с Вами и наши коллеги.

Каждый по-своему, мы должны напоминать людям, что они ЛЮДИ, уникальные создания, наделенные интеллектом и совестью. 60 лет поисков внеземного разума убедили нас, что в гигантском пространстве вокруг нашей планеты нет ничего подобного — ни жизни, ни разума. Если тут, на Земле, мы будем продолжать умирать и убивать друг друга, то может погаснуть и эта искорка, и во Вселенной станет совсем пусто. Поэтому мы должны и будем продолжать свою работу по очеловечиванию людей. И Вы, и я, и все наши коллеги и друзья. Нас всё больше, и мы непременно изменим этот мир к лучшему. Постепенно, не сразу, но обязательно изменим.

Так и будет — вариантов-то нет!
Удачи Вам и стойкости!

Андрей Ростовцев в Фейсбуке, 8 января 2020 года:

Как раз под Рождество пришло письмо из СИЗО № 1 УФСИН Респ. Карелия от Ю.А. Дмитриева (Хоттабыча — так он называет себя в письме). Две страницы мелким убористым почерком. Две страницы очень теплых трогательных слов. «Время всё спешит» — эта пословица не для нас» — говорит в письме Юрий Алексеевич. Понятно, что, в первую очередь, речь идет о уничтоженных и сломанных человеческих судьбах. А в моей голове эта фраза проецируется на желание некоторых российских академических начальников предать забвению, как торговали списанными диссертациями, как приписывали себя в соавторы чужих работ... Вот уже и Президиум РАН недавно озадачился введением сроков давности на академические шалости. Как метко выразился когда-то Михаил Жванецкий: «Если ты стырил диссертацию, не строй мост, сволочь! Иди в политику, там таких много». А Хоттабычу огромное спасибо, сил и здоровья выстоять в жестокой схватке с лжецами и подлецами.

Спасти «Мемориал»!



С октября 2019-го по январь 2020 года Международное историко-просветительское общество, Правозащитный центр, несколько региональных организаций «Мемориала» и их руководители были оштрафованы по десяткам исков на общую сумму более чем в 4 500 000 руб. Поводом для штрафов стало отсутствие маркировки «иностранный агент» в публикациях СМИ, социальных сетях и на интернет-сайтах. Суды еще продолжаются, общая сумма штрафов может достигнуть 6 000 000 руб. Совершенно очевидно, что кампания против «Мемориала» нацелена на финансовое удушение самой авторитетной организации, занимающейся исследованием трагических страниц истории СССР.

На сайте Межрегионального общества научных работников (ОНР) начат сбор подписей под заявлением в поддержку коллег из «Мемориала» [1].

«Мемориал» обжалует штрафы в вышестоящих судах и ЕСПЧ. Однако до получения судебных решений и компенсации пройдет много времени, а платить штрафы и продолжать работу нужно сейчас. Помочь «Мемориалу» можно на сайте donate.memo.ru.

Научная работа общества «Мемориал» (краткая справка)

Исследовательская работа «Мемориала» и его региональных отделений в России сосредоточена в трех областях: история государственного террора и политических преследований в СССР, история репрессивных механизмов, история сопротивления. В Москве работает несколько тематических исследовательских программ; отдельные программы реализуются также в региональных отделениях (Петербург, Сыктывкар, Красноярск,

memo.ru

Пермь, Воронеж, Рязань, Комсомольск-на-Амуре и др.). Эти программы включают в себя архивный поиск, комплектование и систематизацию собственных архивных коллекций, организацию научных семинаров и конференций, публикационную активность; в такой специфической теме, как поиск массовых захоронений жертв террора, проводятся полевые экспедиционные работы. Кроме того, в рамках «Мемориала» действует несколько постоянных научных семинаров: историко-ведческий семинар в рамках программы «Топография террора», семинар «Левые в России: история и общественная память», ежегодный международный семинар по биографии «Право на имя» (Петербург), «История самиздата и альтернативной культуры»; до 2016 года в Краснодаре под эгидой «Мемориала» проводились ежегодные международные конференции по истории политических репрессий и регулярно публиковали сборники материалов. Кроме того, «Мемориал» является, наряду с ИРИ РАН и несколькими академическими организациями, инициатором, соорганизатором и активным участником крупнейшего ежегодного международного научного форума «История сталинизма».

Архивный поиск, проводимый сотрудниками ряда региональных организаций «Мемориала», прежде всего в Красноярском крае и Республике Коми, выделяется не только масштабом, но и введением в научный оборот новых типов документальных источников (по теме национальных депортаций — эшелонные списки, по теме коллективизации и раскулачивания — документы РИКов и т. д.).

Благодаря архивным исследованиям и экспедиционно-поисковой работе нескольких региональных отделений «Мемориала» были обнаружены крупнейшие расстрельные полигоны Северо-Запада: Левашовская пустошь, Ковалевский лес, Койракангас, Красный Бор, Сандармох.

«Мемориал» постоянно выпускает тематические исторические и документальные сборники, многие из них, такие как «Репрессии против поляков и польских граждан» (1997) и «Репрессии против российских немцев» (1999), высоко цитируются научным сообществом, что подтверждается высокой цитируемостью опубликованных в них статей.

Исследователи из «Мемориала» Н. В. Петров, А. Б. Рогинский, Н. Г. Охотин, С. Б. Прудовский, Я. З. Рачинский, О. А. Горланов внесли большой вклад в изучение такой важной темы, как Большой террор 1936–1938 годов и отдельные

memo.ru

массовые операции, его нормативная база, механизмы и итоги. Результаты этих исследований представлены в основном в Интернете [2]. Основной исследовательской задачей «Мемориала» остается формирование общедоступных информационных ресурсов по разработываемым темам. Важнейшие из них:

- справочник «Система исправительно-трудовых лагерей в СССР»;
- биографические справочники «Кто руководил НКВД» Н. В. Петрова, «Территориальные руководители ВКП(б) в 1934–1939 гг.» С. Г. Филиппова и «Руководители центральных органов ВКП(б) в 1934–1939 гг.» (его же);
- книжная серия под руководством А. Э. Гурьянова, которая состоит более чем из 20 томов, содержащих списки поляков и граждан Польши, арестованных и депортированных после 1939 года, а также книги памяти «Убиты в Катини» и «Убиты в Калинин, захоронены в Медном»;
- базы данных «Жертвы политического террора в СССР» (более 3 000 000 имен) и «Сталинские расстрельные списки»;
- биографический справочник «Российские социалисты и анархисты после Октября 1917 года»;
- биографический словарь «Диссиденты Центральной и Восточной Европы».

Эти издания имеют не только информационно-справочную ценность — они сопровождаются аналитическими, источниковедческими и историографическими статьями, описывающими достигнутый уровень научного знания и пониманием проблем, и ставящими дальнейшие исследовательские задачи. Сказанное относится и к Книгам памяти, которые созданы региональными отделениями «Мемориала» — Московским, Воронежским, Красноярским, Сыктывкарским. Это не просто перечни имен, снабженные краткими биографическими сведениями — вступительные статьи, публикации архивных документов и справочный аппарат придают этим изданиям самостоятельную научную ценность.

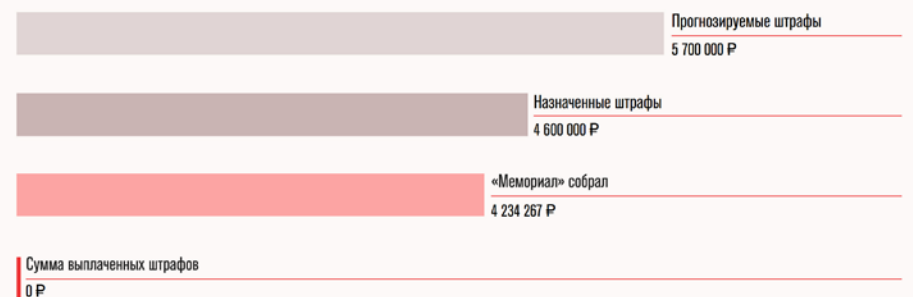
И конечно же, введение в научный оборот огромного количества мемуаров, дневников, писем, устных интервью и прочих источников негосударственного происхождения, также являются важнейшей частью научной работы «Мемориала» как в Москве, так и в регионах.

Полный список книг, изданных «Мемориалом» за 1999–2019 годы, читайте на нашем сайте

1. onr-russia.ru/content/Suppot_Memo
2. old.memo.ru/history/y1937/1937.htm

Поддержать «Мемориал» может каждый

<https://donate.memo.ru/>



ЛИЧНОСТЬ

14 января 2020 года, Санкт-Петербург
Дорогой Юрий Алексеевич,

мы с Вами не знакомы лично, но все происходящее с Вами в последние годы сделало Ваше имя широко известным во всей России и за ее пределами. Сужу об этом не только как российский гражданин, но и как исследователь российской политики и как преподаватель — учу политологии студентов и в России, и в Финляндии (поверьте мне, в Финляндии о Вас знают и пристально следят за перипетиями Вашей судьбы). Ваша активная деятельность в «Мемориале», организованные Вами раскопки в Сандармохе и Ваши многочисленные публикации о политических репрессиях заслуживают огромного уважения. Тем больнее узнавать обо всем, с чем Вам приходится сталкиваться сейчас.

Знаю, что Вы сильный и мужественный человек, многое в жизни повидавший и многое преодолевший. И что бы ни случилось в будущем, я уверен, что Вы не впадете в позорный смертный грех уныния, а будете и дальше с достоинством отстаивать те принципы, на которых

основана Ваша деятельность историка и общественного активиста. Ваша стойкость важна как пример для многих граждански активных молодых людей, которые в сегодняшней России все чаще сталкиваются с преследованиями и провокациями в самых разных, порой откровенно издевательских и циничных формах. Но я Вас очень прошу: берегите себя, пожалуйста. Да, в Вашей сегодняшней ситуации, прямо скажем, крайне нелегко поддерживать здоровье — и физическое, и душевное. Но поддержка неравнодушных людей поможет Вам пережить нынешние испытания и выйти из них с наименьшими потерями.

К сожалению, помимо выражения солидарности с Вами, я не могу Вам помочь чем-то конкретным. Но, возможно, Вам будет интересно прочесть книгу, которую я недавно опубликовал, она называется «Недостойное правление»: политика в современной России» и посвящена поискам ответов на вопрос, почему российское государство управляется гораздо хуже, чем того заслуживают наша страна и ее граждане. Я могу передать для Вас книгу с одной из okazji.

Заочно жму Вашу руку и очень рассчитываю на то, что справедливость восторжествует и что однажды нам с Вами удастся встретиться и побеседовать как двум свободным людям.

С большим уважением,
Ваш,
Владимир Гельман,
профессор Европейского университета в Санкт-Петербурге и университета Хельсинки.

Москва, 15 января 2020 года
Дорогой Юрий Алексеевич!

Позвольте прежде всего поблагодарить вас за сделанное и выразить надежду, что еще многое впереди. Очень жду вашего выхода на свободу, надеюсь, что это произойдет как можно раньше, чтобы вы могли вернуться к работе по восстановлению памяти жертв репрессий, просто вернуться домой.

Нет никаких сомнений в несправедливости, невежественности и полнейшей глупости выдвинутых против вас обвинений. Это очевидно любому, кто прочитал хотя бы какие-то материалы. Удивляет лишь последовательность

и настойчивость запущенной репрессивной машины, как будто бы ничего не происходит, никто ничто не слышит, не видит, не понимает. Вся эта ужасная, обвинительная работа идет своим чередом без остановок и поправок на здравый смысл.

Единственное противоядие против этого безумия, которое у нас осталось, — это публичность, открытый разговор о том, что происходит. Но, к сожалению, все ждут каких-то сенсаций, никчемных поводов, скандалов. Подскажите, пожалуйста, ведете ли вы дневник? Может быть, публикуете где-то заметки, наблюдения за людьми и собой? Планируете ли публикации? Я уверен, что важны именно мелочи, то, чему сейчас не придается значения, что кажется бытовым, проходящим.

Неловко писать из удобного кресла человеку в неволе. Простите за, возможно, бессмысленные, неловкие слова. Просто держитесь и пишите о себе. Это очень важно для всех нас. Спасибо вам.

С уважением,
Дмитрий Рогозин, социолог

Подготовила Наталья Демина

О темной энергии замолвите слово

Олег Верходанов



Это классно, когда люди умеют читать. Особенно на английском языке. Еще больше радует, что любители астрономии читают статьи по астрофизике и активно их обсуждают. Другое дело, что большая масса обсуждаемых популярных статей, написана либо по аннотациям, либо содержит излишне усиленные выводы. В последний год целое направление астрофизики — наблюдательная космология — буквально бурлит от революционных новостей: нобелевский лауреат Адам Рисс с коллегами в нескольких статьях утверждает, что Вселенная расширяется быстрее, чем предполагается в согласованной космологической модели (см., например, в [1]), т. е. плотность темной энергии выше, чем ожидалась; известные космологи Джо Силк и Алесандро Мельхиори, а также Элеонора Ди Валентина, которая является первым автором, в своей работе в *Nature Astronomy* [2] заявляют, что из данных космической обсерватории Planck следует, что Вселенная имеет положительную кривизну. И вот наконец появляется работа корейских коллег [3], где по результатам анализа данных по SN Ia и химического состава их родительских галактик делается вывод, что эволюционными свойствами галактики и вспыхивающих в ней SN Ia можно объяснить эффект, интерпретированный как ускоряющееся расширение Вселенной в диаграмме Хаббла в области красных смещений $z > 0.7$. Обнаружение этого эффекта и привело к открытию нового компонента плотности Вселенной, названного темной энергией. Красное смещение z (т. е. смещение спектров излучения объектов в красную сторону) с величиной порядка 0.7 соответствует этапу перехода примерно 6 млрд лет назад от эпохи доминирования вещества к эпохе доминирования темной энергии (когда $z < 0.7$). Большинство космологов о возникающих проблемах молчат или занимаются (что скорее всего) другими делами. Так что же вообще происходит? К радости или к сожалению, всегда есть опция, которая любому заинтересованному читателю поможет разобраться в проблеме: надо читать оригинальные тексты. Но также понятно, что обывателю проще их не читать, а узнавать о происходящем из популярных изданий. Тогда начнем разбираться.

Данный текст можно рассматривать как продолжение истории, начатой в ТрВ-Наука в прошлом году [4]. Но сначала надо сказать несколько общих слов о терминологии. Сверхновые типа Ia (обозначаются SN Ia) — это вспыхнувшие объекты в результате взрыва одного из типов звезд, белого карлика, в двойной звездной системе. Белый карлик — это плотный компактный объект, который является финальной стадией не очень массивной звезды. Ожидается, что Солнце станет белым карликом через несколько миллиардов лет. Белый карлик имеет фиксированный верхний предел массы (1,44 массы Солнца), называемый чандрасекаровским пределом, поэтому если на него стекает вещество с соседней звезды в двойной звездной системе, то белый карлик теряет устойчивость и взрывается полностью либо (по расчетам в некоторых моделях) коллапсирует в нейтронную звезду, что также сопровождается взрывом известной мощности. Кривая блеска (т. е. изменение яркости со временем, а именно ее затухание) у таких объектов хорошо изучена. И даже если не удается успеть зафиксировать максимум блеска SN Ia, то по дальнейшему спаду яркости всё равно удается откалибровать кривую и определить расстояние (точнее, модуль расстояния) до этого объекта. В космологических исследованиях объекты SN Ia рассматриваются как стандартные свечи, т. е. объекты с известной яркостью. Эти объекты очень удобны в космологии, потому что их яркость сравнима с яркостью родительских галактик и они видны на больших удалениях от нас. Для того чтобы использовать сверхновые Ia как стандартные свечи, необходимо было выполнить процедуру независимой привязки расстояний, для которой ис-

пользуется так называемая лестница расстояний (см. [4]), включающая метод тригонометрических параллаксов — определения расстояний до близких звезд тригонометрическим способом (точный метод) и косвенные: привязку по переменным звездам цефеидам по диаграмме «светимость — период», по диаграмме Хаббла «красное смещение — звездная величина», как для сверхновых Ia. Также есть множество других методов. Лестница расстояний позволяет переходить в измерениях расстояний от близких объектов к далеким.

Далее. Кривизна Вселенной — особая топологическая характеристика, позволяющая выразить будущее Вселенной через ее плотность. Вселенная хорошо описывается как трехмерная гиперсфера очень больших размеров, и мы наблюдаем, по-видимому, только ее мизерную часть радиусом примерно 45 млрд световых лет. Если плотность Вселенной больше критической, то Вселенная имеет положительную кривизну, т. е. замкнута, и в этом случае в будущем расширение может смениться сжатием. «Может» — потому что могут существовать гипотетические механизмы изменения ее физических и космологических свойств в будущем. Если же плотность Вселенной меньше критической, то ее кривизна отрицательна, и Вселенная будет расширяться с ускорением. Если плотность Вселенной равна критической, то Вселенную называют плоской. И она будет описываться евклидовой моделью мира с постоянной расширением. Евклидова модель — это физически однородный (с одинаковой плотностью), изотропный (статистически одинаковый по всем направлениям), неискривленный и неэволюционирующий мир. В геометрии плоским называют мир, в котором сумма углов любого треугольника равна 180° . Мир при этом не обязан быть двумерным. Критическая плотность Вселенной — примерно 5.5 атомов водорода на кубический метр в эквиваленте вещества. Это такая плотность, которая соответствует всей энергии, пересчитанной в количество видимого вещества в виде атомов водорода. Но во Вселенной много различных компонент энергии. Кроме видимого вещества, это темная материя, темная энергия, электромагнитное излучение, нейтрино, гравитационные волны, энергия кривизны и др. Астрофизики измеряют компоненты энергии по отношению к критической плотности. Поэтому говорят, что если относительная плотность Вселенной Ω_0 равна единице, то наш мир плоский. Плотность энергии пространственной кривизны Вселенной равна $\Omega_k = 1 - \Omega_0$.

По данным космической обсерватории Planck 2018 года, относительная плотность энергии кривизны $\Omega_k = 0.0007 \pm 0.0019$, т. е. близка нулю и Вселенная с высокой точностью плоская. Отметим еще, что, несмотря на то что мир плоский, Вселенная расширяется с ускорением из-за особых свойств темной энергии, которая имеет отрицательное давление (см. интересное обсуждение свойств темной энергии [5] и серьезный обзор [6]).

Вернемся теперь к революционно звучащим заявлениям, которые воспринимаются как критика стандартной космологической модели. Стандартной космологической моделью называется космологическая модель Λ CDM, описывающая эволюцию Вселенной, с доминированием темной энергии (в простейшем случае в уравнении общей теории относительности, описываемой Λ -членом) и холодной темной материи (Cold Dark Matter — CDM) в настоящую эпоху (см. также [4]). По данным Planck 2018 года, компонентный состав энергобаланса в относительных плотностях Вселенной такой: $\Omega_\Lambda = -0.69$, $\Omega_{\text{CDM}} \sim 0.26$, $\Omega_b = -0.05$. Последний параметр Ω_b — плотность видимой (барионной) материи. Все остальные компоненты энергобаланса в настоящую эпоху — лишь малая толика от перечисленных. Мы живем в эпоху доминирования темной энергии, которая, как уже упоминалось, началась примерно 6 млрд лет назад (что соответствует красному смещению $z \approx 0.7$), при том что возраст Вселенной по последним данным — 13.8 млрд лет.

Перейдем к пресс-релизу Университета Ёнсе (Южная Корея) от 6 января 2020 года [7] и подчеркнем некоторые моменты в этом сообщении. Авторы обнаружили:

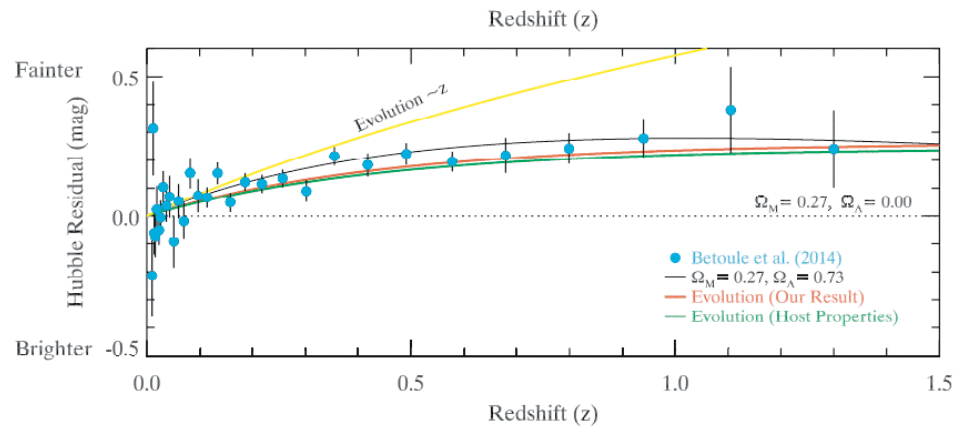


Рис. 1. Диаграмма «Невязки Хаббла — красное смещение», демонстрирующая эволюцию светимости в космологии сверхновых, которая предсказывается в рассматриваемой работе [3]. Невязки в диаграмме Хаббла вычисляются в рамках космологической модели без Λ ($\Omega_m = 0.27, \Omega_\Lambda = 0.00$; черная пунктирная линия). Красная и зеленая линии — два варианта модели эволюции сверхновых, предложенных авторами статьи [3]. Голубые кружочки — это бинированные (усредненные в некотором диапазоне красных смещений) данные по сверхновым из работы Betoule et al. (2014). По выводам авторов, сравнение эволюционных кривых с данными по сверхновым показывает, что эволюция светимости может имитировать значительную долю невязок в диаграмме Хаббла, использованных при открытии и заключении о существовании темной энергии (см. черную сплошную линию)

«... Значимую корреляцию между светимостью сверхновых и возрастом звездного населения на уровне достоверности 99.5%. Это [показал] самый прямой и строгий тест, который когда-либо проводился для эволюции SN Ia. Так как прародители в родительских галактиках становятся моложе с ростом красного смещения (при взгляде назад по времени), этот результат указывает на серьезный систематический байес (сдвиг в распределении) с ростом красного смещения в космологии сверхновых. Если применить эти величины, то обнаруженная эволюция светимости получается настолько значимой, что ставит под сомнение само существование темной энергии. При учете должным образом эволюции светимости сверхновых команда обнаружила, что доказательство существования темной энергии просто уходит».

И еще.

«Другие космологические способы проверки, такие как космический микроволновый фон (CMB) и барионные акустические колебания (BAO), также, как известно, дают не прямые и косвенные доказательства темной энергии; но недавно были выдвинуты предположения, что CMB, по данным Planck, более не поддерживает согласованную космологическую модель, что может потребовать новой физики (Di Valentino, Melchiorri, & Silk 2019). Некоторые исследователи также показали, что BAO и другие космологические тесты при малых красных смещениях могут быть совместимы с неускоряющейся Вселенной без темной энергии (см., например, Tutusaus et al. 2017). В этом отношении настоящий результат, показывающий эволюцию светимости, мимикрирующую под темную энергию в космологии по сверхновым, чрезвычайно важный и очень своевременный».

И также отметим окончание того же текста:

«Эта работа принята для публикации в *Astrophysical Journal* и будет опубликована в январском выпуске в 2020 году».

Далее идем по ссылке на соответствующую работу [3] и... никаких таких чрезвычайных выводов в ней не находим.

Если мы посмотрим на график (рис 1), который обсуждался среди научных новостей как доказательство отсутствия темной энергии, то увидим, что по измерениям 51-й специально отобранной галактики, данные по которым приведены в оригинальной статье, наблюдается связь между светимостью сверхновых и возрастом Вселенной, определяемым красным смещением z . Здесь, конечно, важный момент — число (которое, на самом деле, очень мало) и правило отбора галактик.

Естественный вопрос: как работу по эволюционным данным с критикой космологической модели, основанной на тяжелых данных Planck, приняли в ArJ? И здесь стоит сказать, что приведенные в работе данные измерений действительно хорошие и вывод о связи светимости некоторых сверхновых с возрастом галактик тоже интересный. Авторы использо-

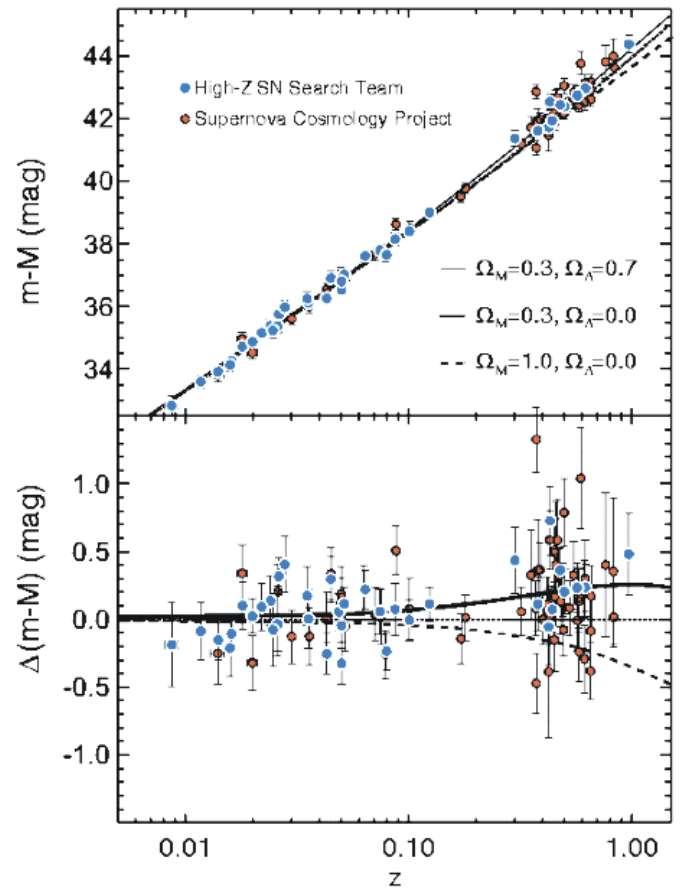


Рис. 2. Диаграмма Хаббла («модуль расстояния — красное смещение»), построенная по результатам исследований двух групп, открывших темную энергию. Верхний график — результаты измерений, нижний график — разность между данными верхнего графика и ожидаемыми измерениями в простом расширяющемся евклидовом мире без темной энергии

вали ряд корреляций, обнаруженных в работах других групп, например, что объекты SNe Ia в менее массивных галактиках (с массой, меньшими раз в 10) на ~ 0.08 зв. величины слабее, чем вспыхнувшие в более массивных галактиках; что менее массивные (тоже на порядок) родительские галактики примерно на 2 млрд лет моложе, чем более массивные галактики, а также что яркость сверхновых типа Ia коррелирует с морфологией родительской галактики и темпом звездообразования в ней. Эти факты могут предполагать возможную корреляцию со свойствами звездного населения. Что и изучалось. Измерения новые, результаты интересные. Поэтому и приняли в ArJ. Но поломать текущую космологическую модель, на мой взгляд, с таким малым количеством точек (в таблице данные для 51 галактики с $z < 0.1$) не удастся. Отметим, что борьба за точность измерения вклада темной энергии по SN Ia сейчас идет, когда число объектов больше 1.5 тыс. и объектов с $z > 0.7$ несколько десятков (см. данные групп исследователей SN Ia на рис. 2). И естественно, для такой малой выборки объектов заявление о закрытии темной энергии в *Astrophysical Journal* и критика других методов звучали бы слишком громко, и в оригинальной статье авторы без нее обошлись. ▶

Красивые номера

В «Фейсбуке» промелькнуло сообщение, что кто-то продает тысячерублевую банкноту за 7 млн 770 тыс. руб. Потому что номер у нее 7777770. Видимо, автор сообщения округлил: ясно, что если уж просить, то побольше: 7 млн 777 тыс. 770 руб.

На самом деле, конечно, столько выручить продавцу не светит. Но вообще банкноты с интересными номерами действительно продаются на интернет-аукционах, иногда с заметной надбавкой к номиналу (или к коллекционной стоимости, если речь идет о банкнотах, вышедших из обращения). Размер надбавки зависит от необычности номера, и тут возникает интересный вопрос. С формальной точки зрения вероятность обнаружить у себя в кошельке какой-то номер не зависит от последовательности его цифр — с двумя мелкими уточнениями: во-первых, относительно меньшие номера чуть более вероятны, потому что не все серии доходят до конца нумерации; во-вторых, некоторые номера изымаются из обращения коллекционерами или просто любителями сувениров. Тем не менее, если пренебречь этим, то вероятность встретить купюру № 7699742 (пример из моего бумажника) ничуть не больше, чем купюру № 7777770, однако последнюю мы явно будем воспринимать как необычную.

Дело, видимо, в том, что человек подсознательно замечает наличие каких-то регулярностей в конкретном номере и, относя такой номер к целому классу (например, «почти все цифры одинаковые» или «начинается с нескольких нулей»), оценивает уже вероятность всего класса: чем меньше номеров попадает в этот класс, тем менее вероятным он является (это тривиально); далее это ощущение малой вероятности распространяется на индивидуальные номера из этого класса (а это уже является когнитивной подменой). Кроме того, видимо, играют роль и какие-то эстетические предпочтения.

С математической точки зрения всё это кажется близким к теории колмогоровской сложности — подходу, который придает формальный смысл интуитивному представлению о том, что такое «неслучайность единичной последовательности» (в классической теории вероятностей такая постановка вопроса не имеет смысла: все последовательности равновероятны). Кажется, было бы очень поучительно исследовать, какие комбинации цифр в номере сколько стоят — и тем самым оценить, как человек воспринимает неслучайность, но дело это очень трудоемкое. Потому дальнейшее — это, с одной стороны, пересказ обсуждений на нескольких бонистических форумах, а с другой — результат беглого просмотра первых страниц поиска на «красивый номер» на аукционе «Мешок» и на fancy serial number и low serial number на eBay. И так, что же одни граждане стремятся втюхать другим гражданам? (Номера со знаком № реальные, в том смысле, что такая купюра продается, и ее фотография где-то приведена; без знака № — возможные, но не зарегистрированные; я, как правило, не буду упоминать цены, потому что разброс большой и запросы разных продавцов не очень сопоставимы: зависят от темперамента, ср. самый первый абзац.)

Начнем с самого простого (не в колмогоровском, а в быденном смысле): хорошо, когда в номере много раз встречается одна цифра, желательно группой подряд, и чем больше, тем лучше: за № 0866666 просят в четыре раза больше, чем за соседний № 0866667. Еще лучше, если разных цифр всего две, скажем, № 14414444 или если подряд идет пять или шесть цифр, причем на конце лучше, чем в начале. И еще лучше, когда частые цифры — нули, да еще подряд, да еще на краю: № 1500000 лучше, чем был бы 1000005, но хуже (кстати, это исключение из общего правила, см. ниже), чем 0000015. Конечно, идеален номер со всеми одинаковыми цифрами. Кстати сказать, только № 4444444 можно относительно легко (за несколько десятков тысяч рублей) купить в настоящий момент (речь о России и о рублевых банкнотах). Интересно, связано ли это с тем, что число 4 считается несчастливим в Китае (и потому такие купюры, возможно, пользуются меньшим спросом)?



1. Все четверки. (А) 50 руб, ЧИ 4444444 (nordklad.ru); (Б) 100 руб., ЛО 4444444 (monetnik.ru); (В) 1000 руб., РБ 4444444 (monetnik.ru)



2. (А) Все семерки. Китай, 10 юаней, GG7777777; (Б) все восьмерки, Индия, 10 рупий, 88E888888 (pmgnotes.com)

Исключение с нулями в начале связано с другой тенденцией — хороши малые номера, близкие к началу серии. Впрочем, сравнение «Мешка» и eBay показывает, что это больше ценится не в рублях, а в долларах, у которых даже один или два нуля в начале считаются достойными упоминания (например, № 00167125), правда, скорее для банкнот, имеющих какую-то коллекционную ценность помимо номера. Но вот, скажем, № 0000001 — это в любой валюте не прикольный сувенир, а очень дорогой экземпляр для профессионалов; № 0000002 будет уже существенно дешевле. У долларов же отмечают и повторы с периодом 2 или 3: № 45454345 или № 26112112; такие рубли пытаются продать реже, но бывает: № 120247474.



3. Первый номер. 5000 руб, ББ 0000001 (moneta-russia.ru)

Зато более полные повторы или симметрии — это в любой системе хорошо. Скажем, ценятся палиндромы: доллар № 11366311 или рубль № 7428247 (в номерах с нечетным числом цифр центральная может быть любая: можно ожидать, что ноль будет предпочитаться, но парных примеров, отличающихся только этим, нет, а для вывода на основе единичных наблюдений нужна большая выборка). И в России, и в США такие номера называются *радар*; возможно, потому что само это слово — палиндром. Есть и *антирадары* — повторы 4–4 (для долларов) или (3–любая–3) для рублей, например, № 04390439 и № 3045304, соответственно. Дороже будет радар и антирадар одновременно, такой как № 5253525.

Впрочем, есть и другая, более строгая терминология [1]: радар — это не просто палиндром, а такой, у которого цифры увеличиваются от середины: 8741478; соответственно, антирадар будет увеличиваться от края к середине: 1478741. Еще более строгое определение требует арифметической или геометрической прогрессии цифр, например 7531357 или 1248421 — но примеров таких в продаже нет, потому насколько это добавляет стоимости, оценить трудно.

Интересны *лесенки*: номера с цифрами, идущими подряд, причем 1234567 дороже, чем 0123456, а это, в свою очередь, дороже, чем, например, 2345678. Дальше опять идут отличия: рублевые дорожки (что в России, что в Белоруссии) интересны, только если цифры идут строго подряд, тогда как в долларах достаточно просто монотонности, например, 12346789. Это подтверждает важность фактора субъективной редкости: монотонных номеров из семи цифр (как в рублях) относительно больше, чем монотонных номеров из восьми цифр (простая комбинаторная задача — посчитать число тех и других). Можно ожидать, что цены на монотонные девятизначные (как у 200-рублевых и 2000-рублевых банкнот) номера будут немалыми, а на номер 123456789 — близкими к максимальным. Более того, у долларов считается интересным даже просто то, что все цифры различны. Исходя из сформулированной выше «теории редкости» можно предсказать, что для девятизначных (но не семизначных) рублевых номеров это может иметь значение, и купюры с такими номерами (видимо, без нуля) будут иногда выставляться на продажу.

Иногда продают пары купюр разных серий, но с одинаковым номером. Тут уже не важно, каков он; можно даже предположить, что чем проще (по Колмогорову), т.е. чем регулярнее номер, тем проще такую пару собрать (хватило бы денежных ресурсов) — с ростом «интересности» увеличивается концентрация подобных номеров на аукционах и форумах, а банальный номер где искать?

Еще одно интересное направление — номера, в которых можно увидеть даты, например день рождения на долларовой купюре: № 06301986 (напомним, это американский стиль: 30 июня 1986 года; впрочем, двусмысленность бывает хороша: № 10081984 можно подарить и на 8 октября, и на 10 августа). Нули при этом можно игнорировать: № 19745500 предлагается рассматривать как 5 мая, № 19680170 — как 7 января (а мы бы приняли и как 1 июля) — но это уже сильно на любителя, лично мне такие варианты не кажутся интересными. Мрачновато выглядят *могильные камни* (tombstones) — номера, в которых видно два года, образующих годы жизни: № 19181952. Неясно, кто бы принял такую купюру в подарок — призрак? Историк, изучающий жизненный путь какого-то персонажа?

Наконец, в номерах банкнот можно искать почтовые индексы. Впрочем, в российской бонистике (и сувенирном деле) даты и индексы не считаются представляющими интерес, во всяком случае, ничего подобного на продажу не выставляется — пока? Вообще, тут открываются богатые перспективы: как насчет купюры с вашим номером телефона? Кстати, есть любители красивых номеров, но как раз тут имеется прямой практический смысл: такие номера легко запомнить — вот еще одна инкарнация колмогоровской сложности. Зато у нас уже сейчас можно подобрать на заказ и подарить кому-нибудь банкноту с обозначением серии, совпадающим с инициалами одариваемого (ну, или дарителя).

М. Г.

Окончание следует

1. Нумерология на банкнотах. Номера купюр, увеличивающие их цену. raritetus.ru, 22.08.2017. raritetus.ru/texts/Redkie-i-krasivye-nomera-banknot-Rossii

ИНФОРМАЦИЯ

Где найти газету «Троицкий вариант — Наука»

Точки распространения ТрВ-Наука

Новосибирск: «АРТ-ПАБ» (ул. Терешковой, 12а); НГУ, новый корпус (ул. Пирогова, 1); НГУ, старый главный корпус (ул. Пирогова, 2); книжные магазины BOOK-LOOK (ТЦ, ул. Ильича, 6; Морской пр., 22); книжный магазин «Капиталь» (ул. М. Горького, 78); ГПНТБ, ул. Восход, 15; Институт ядерной физики СО РАН, пр. Акад. Лаврентьева, 11.

Казань: центр современной культуры «Смена», ул. Бурхана Шахиди, 7, тел.: +7987 289-5041 (Денис Волков).

Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, холл главного корпуса (ул. Букирева, 15) и профком (ул. Генкеля, 4, каб. № 45).

Нижегород: Институт прикладной физики РАН, ул. Ульянова, 46 (холл); Волго-Вятский филиал ГЦИ «Арсенал», Кремль, корп. 6; Нижегородский филиал Высшей школы экономики, ул. Большая Печерская, 25/12; музей занимательных наук «Кварки», ул. Родионова, 165, корп. 13 (ТЦ «Ганза»); НГТУ им. П. Е. Алексеева, ул. Минина, 24, корп. 1; НГУ им. Н. И. Лобачевского, пр-т Гагарина, 23, корп. 2.

Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский союз ученых, Университетская наб., 5, офис 300, во дворе, в будни с 10 до 17 часов, тел.: +7812 328-4124 (Светлана Валентиновна); Европейский университет (eu.spb.ru), ул. Гагаринская, 3а (проходная); Санкт-Петербургский государственный университет.

В Москве газета распространяется в ряде институтов (ФИАН, МИАН, ИОНХ, ИФП, ИКИ) и вузов (МГУ, ВШЭ), в Дарвиновском и Сахаровском музеях, в Исторической библиотеке, в центре «Архэ». Следите за дальнейшими объявлениями в газете и на сайте trv-science.ru.

Страницы газеты ТрВ-Наука

в «Фейсбуке» — facebook.com/trvscience,
«ВКонтакте» — vk.com/trvscience,
«Твиттере» — twitter.com/trvscience,
Telegram — t.me/trvscience.

Доставка подписчикам в Троицке осуществляется Троицким информационным агентством и службой доставки газеты «Городской ритм»: Троицк, ул. Лесная, 4а. e-mail: gor_ritm_tr@list.ru.

