ISSN 0028-1263

НАУКА И ЖИЗНЬ

2
2017

● Разрабатывается система обороны Земли от нападения метеоритов и астероидов ● «Весь мир в движении… народы ещё не позабыли распри…» (Н. И. Вавилов, 1921 год) ● Жилище пчёл — вот где по-настоящему тепло! ● Тень – не всегда что-то тёмное ● Почему Эдвард Милн считал, что в физике не одно время, а как минимум два разных?

В НОМЕРЕ:

Наука и жизнь в начале XX века 2
М. СОФЕР, канд. геогр. наук — **Снежная круговерть** 3
Бюро научно-технической информации 8
Л. МАРТЮШЕВ, докт. физ.-мат. наук, А. БИРЗИНА, канд. физ.-мат. наук — **Эдвард Милн: его судьба, космология и неравномерное время** 10
В. ПТУШЕНКО, канд. физ.-мат. наук — **Снежные «тени»** 19
А. ПАХОМОВ — **Небо в марте—апреле 2017 года** 24
Бюро иностранной научно-технической информации 30
С. РЕЗНИК — **В Новом Свете** (глава из новой книги «Эта короткая жизнь: Николай Вавилов и его время») 34
Кунсткамера 48
М. РОДКИН, докт. физ.-мат. наук — **Прогноз землетрясений: крушение надежд?** 50
В. МАКСИМОВ — **Из истории фамилий** 56
Н. МАРКИНА, канд. биол. наук, О. БАЛАНОВСКИЙ, докт. биол. наук — **Прочесть историю по ДНК** 58

Вести из институтов

И. ДОРОНИН, канд. биол. наук — **Дружба рыб и губок** (67); **Клещи-шелкопряды** (68); **Древние «гады» Мезмайской пещеры** (69).

Е. ЛОМОВСКИЙ — **Корсиканцы** 70

«УМА ПАЛАТА»

Познавательно-развивающий раздел для школьников

Н. ГОРЬКАВЫЙ — **Сказка о трёх богатырях, которые сразились с «электрическим драконом»** (81). В. КАРЦЕВ, канд. биол. наук — **Жилища общественных насекомых** (90). И. КОНЫШЕВ — **Реакция Ландольта** (94). Ю. АЛЕКСЕЕВ — **Уроки прионежских ворон** (95).

В. ДАДЫКИН — **Салатный лук** 97
А. ГРУШИНА — **Ароматное овсяное печенье** 101
О чём пишут научно-популярные журналы мира 102
Точка зеро 107
Ю. ПОДГУРСКИЙ, канд. техн. наук — **Постоять у Пушкина** 108
Кроссворд с фрагментами 114
Ответы и решения 116
А. КОКОУЛИН — **Финишёр** (фантастический рассказ) 118
Маленькие хитрости 126
Ю. РЯЗАНЦЕВ — **Чем пахнут марки?** 127

Ю. ЕМЕЛЬЯНОВ, канд. физ.-мат. наук — **Между Индигиркой и Колымой** 128

НА ОБЛОЖКЕ:

1-я стр. — Гигантские скопления слоистого льда заполняют многие речные долины в Якутии. Фото Юрия Емельянова. (См. статью на стр. 128.)

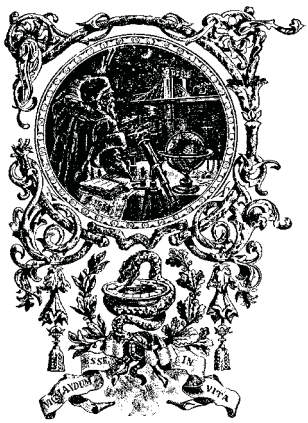
Внизу: Астрофизик Эдвард Артур Милн с дочерью Элеонорой. 1932 год. Фото из личного архива другой его дочери, Мег Уэстон Смит (Meg Weston Smith). (См. статью на стр. 10.)

4-я стр. — Памятник А. С. Пушкину в Санкт-Петербурге на Пушкинской улице. Фото Юлии Перовой/Фотобанк Лори. (См. статью на стр. 108.)

В этом номере 144 страницы.

НАУКА И ЖИЗНЬ®
№ 2 ФЕВРАЛЬ 2017
Журнал основан в 1890 году.
Издание возобновлено в октябре 1934 года.
ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫЙ ЖУРНАЛ

НАУКА И ЖИЗНЬ В НАЧАЛЕ XX ВЕКА



«Электрические уши» Венеции

Австрийские авиаторы совершили более 30 налётов на этот город. Венецианская наблюдательная станция снабжена столь чувствительными микрофонами, что они передают шум мотора австрийского аэроплана в тот самый момент, как последний покидает Триест, находящийся от Венеции примерно в ста километрах. В ту же минуту начинают реветь сирены, предупреждающие о приближении врага, которому лететь до Венеции около 40 минут. Этого срока достаточно для приведения в боевую готовность оборонительной артиллерии, прежде чем австрийский лётчик покажется в небе.

«Почтово-телеграфный журнал», 1917 г.

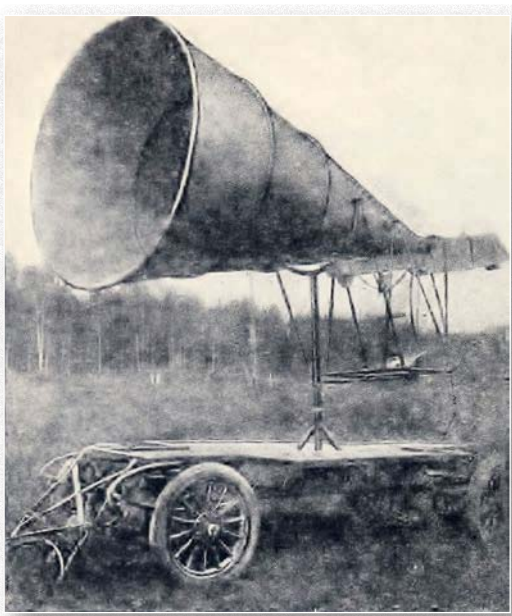
Обращение Временного Правительства (извлечения)

Граждане Российского Государства! Свершилось великое. Могучим порывом русского народа низвергнут старый порядок. Родилась новая свободная Россия. Единодушный революционный порыв народа, проникнутого сознанием важности момента, и решимость Государственной Думы создали Временное Правительство, которое считает своим священным и ответственным долгом осуществить чаяния народные и вывести страну на светлый путь свободного гражданского устроения.

Правительство верит, что дух высокого патриотизма, проявившийся в борьбе народа со старою властью, окрылит и доблестных солдат наших на поле брани. Правительство будет свято хранить связывающие нас с другими державами союзы и неуклонно исполнит заключённые соглашения.

Правительство созовёт в кратчайший срок Учредительное Собрание, которое издаст основные законы, обеспечивающие стране незыблемые основы права, равенства и свободы.

«Природа и люди», 1917 г.



Топливный кризис в Москве

Благодаря топливному кризису столице угрожает холод. Московский уполномоченный по топливу проф. К. В. Кирш обратился к населению с просьбой беречь топливо в своих же собственных интересах. Важнейшей причиной надвигающегося бедствия является слабость транспорта, и нельзя надеяться на его скорое улучшение. Это заставляет государство принять меры к принудительному сокращению расхода топлива. В Москве оно выразится в сокращении трамвайного движения, будет также уменьшено потребление электрической энергии в увеселительных заведениях, на улицах, в квартирах и т. д. Сокращено будет и потребление газа.

«Вестник инженеров», 1917 г.

Н. Е. Сверчков. Тройка зимой. 1888 год.
Омский областной музей изобразительных искусств им. М. А. Врубеля.

СНЕЖНАЯ КРУГОВЕРТЬ

Мело весь месяц в феврале...
Б. Л. Пастернак

Красив снег в безветренный морозный день. Белым искристым покровом лежит он на полях, величав и прекрасен лес, одетый снегом. На мохнатых лапах елей — пушистые снежные шапки. В воздухе — лишь редкие лёгкие снежинки...

Но вот подул слабый ветерок, и картина меняется. Снег приходит в движение. Даже издалека на полях заметны струи, пробегающие по поверхности белой равнины: воздух как бы слегка дымится.

Ветер становится сильнее, снег вздымается всё выше — на высоту нескольких метров. Даль затягивается сплошной дымкой.

Упавшие снежинки поднимаются, чтобы снова упасть... При этих скачка́х они дробятся на части, и в лицо уже летят сухие, колючие кристаллики. Подгоняемые ветром, кристаллики мечутся хаотично, легко проникают под одежду — не спасают ни поднятый воротник, ни капюшон.

При ветре 16—20 м/с ничего нельзя разглядеть уже в нескольких метрах от себя. Восторг от созерцания зимних красот сменяется беспокойством, а затем и страхом: неужели началась метель?

Что такое метель? Определить этот термин нетрудно. Вот как он расшифрован в Большом энциклопедическом словаре: «МЕТЕЛЬ, перенос снега ветром в приземном слое воздуха. Различают позёмок, низовую и общую метель. При позёмке и низовой метели происходит перераспределение ранее выпавшего снега, при общей метели наряду с перераспределением — выпадение снега из облаков».

В России это погодное явление известно почти повсеместно. Но в Астрахани или Якутске, например, метель случается редко: в среднем бывает всего два метельных дня в году, а в других местах она проносится десятки раз за сезон. В Екатеринбурге, Омске, Оренбурге метельных дней насчитывается больше двадцати; в Казани, Мурманске, Петропавловске-Камчатском, Ханты-Мансийске и больше тридцати бывает.

Конечно, мы с вами, попав в снежную круговерть, надвинув на глаза шапку, отворачивая лицо от колючего ветра, вряд

Уильям Тёрнер.
Метель. Пароход выходит из гавани и подаёт сигнал бедствия, попав в мелководье. 1842 год. Галерея Тейт, Лондон.

ли определим, как и откуда летит снежный заряд. Именно так у Б. Л. Пастернака:

И всё терялось в снежной мгле
Седой и белой...

Но синоптики и метеорологи, которые занимаются «поведением» снега в метель, выявили три её типа (за основу классификации принята «этажность» явления).

Позёмок. Само название говорит о том, что снег сдувается ветром с поверхности земли, причём это возможно даже в ясную погоду. Обычно позёмок возникает при сухом снеге и скорости ветра от 5—6 м/с. Но «взлетает» он невысоко — в пределах 0,5—2 м, хотя преобладающая масса снега (более 90%) проносится ещё ниже, на высоте до 20 см. Позёмок практически не ухудшает горизонтальную видимость. Снежный поток очень легко остановить: для этого не нужны высокие барьеры, даже стебли сухой травы могут свести позёмок на нет.

Низовая метель имеет место при антициклонах. Она формируется при сухом, не смёрзшемся снежном покрове и скорости ветра более 10 м/с. Характеризуется интенсивным переносом снега в приземном слое атмосферы. По ветру несутся не снежинки, а их мелкие обломки. Снег отлагается неравномерно, с разной плотностью. Количество переносимого снега определяется изменчивостью силы и направления ветра, а также характером подстилающей поверхности. Эти факторы могут существенно влиять на формы снежных отложений. Неровности рельефа и шероховатость поверхности, любые преграды и заросли на пути метели, а также колебания скорости ветра способствуют возникновению сугробов и снежных заносов. Горизонтальная видимость падает до нескольких сотен и даже десятков метров.

Общая метель. Она самая каверзная! Наиболее часто возникает при погоде, которая вызвана циклонами. Снег ложится пушистым, достаточно однородным слоем, снежинки сохраняют свою первоначальную форму и размер. Интенсивность снегопереноса мало зависит от скорости ветра и от рельефа, снежный покров почти повторяет его главные формы. А. А. Блок очень точно выразился на этот счёт:

Гуляет ветер, порхает снег...

Невозможно установить, выпадает ли снег из облаков или «вздымается» с уже возникших сугробов. Это подмечает и народная пословица: «Не то снег, что метёт, а что сверху идёт». Но главное, в сильную метель быстро исчезают следы на поверхности снега. Вот почему человек, оказавшийся в дороге, легко может заблудиться.

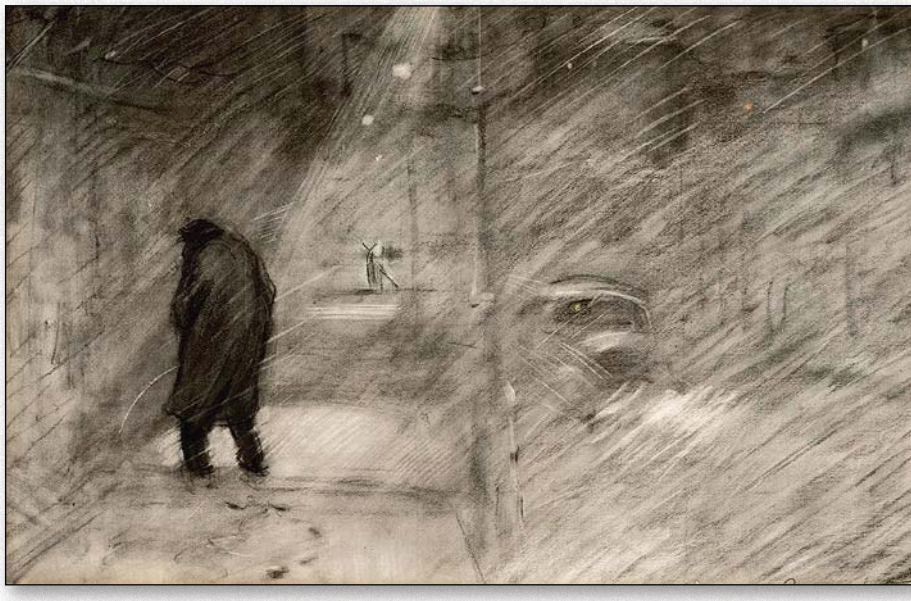
Пожалуй, нет лучшего описания общей метели, чем в одноимённой повести А. С. Пушкина: «На дворе была метель; ветер выл, ставни тряслись и стучали <…> Но едва Владимир выехал за околицу в поле, как поднялся ветер и сделалась такая метель, что он ничего не взвидел. В одну минуту дорогу занесло; окрестность исчезла во мгле мутной и желтоватой, сквозь которую летели белые хлопья снегу; небо слилося с землёю. Владимир очутился в поле и напрасно хотел снова попасть на дорогу; лошадь ступала наудачу и поминутно то взъезжала на сугроб, то проваливалась в яму; сани поминутно опрокидывались. Владимир старался только не потерять настоящего направления».

Метель — крайне сложный объект наблюдения. Сотрудники метеостанций в тундре, выходя к приборам во время пурги (так называют сильную низовую метель в северных районах), обвязываются верёвкой, чтобы не потерять дорогу. Иногда путь в несколько десятков метров длится более часа, а ведь часто пурга не затихает сутками.

Для многих регионов России характерна особенная, **степная** метель. Снег здесь отличается сухостью, подвижностью, а обширные пространства позволяют ветру легко переносить снежные частицы на большие расстояния. И хотя снег в этом случает неглубок, он часто скапливается в виде сугробов и снежных холмов. Достаточно малейшего препятствия на пути воздушно-снежного потока — и весь снежный заряд может тут же обрушиться на него. Это особенно характерно для степей Оренбуржья. Гринёв, герой повести А. С. Пушкина «Капитанская дочка», рассказывает: «Я слышал о тамошних метелях и знал, что целые обозы бывали ими занесены».

Необыкновенно точно и мощно степной буран описан С. Т. Аксаковым: «Снеговая белая туча, огромная как небо, обтянула весь горизонт… Вдруг настала ночь… наступил буран со всей яростью, со всеми своими ужасами. Разыгрался пустынный ветер на приволье, взрыл снеговые степи, как пух лебяжий, вскинул их до небес… <…> Всё слилось, всё смешалось: земля, воздух, небо превратились в пучину кипящего снежного праха, который слепил глаза, занимал дыханье, ревел, свистел, выл, стонал, бил, трепал, вертел со всех сторон, сверху и снизу обвивался, как змей, и душил всё, что ему ни попадалось». ⇨

К. А. Трутовский. В метель. 1887 год. Частное собрание.



И. С. Глазунов. Метель на Петроградской. 1956 год. Московская государственная картинная галерея народного художника СССР Ильи Глазунова.

Очень похожие — в плане подробностей — описания степных метелей можно найти в прозе А. И. Куприна и Л. Н. Толстого.

Но такие метели бывают только в зоне лесостепей и степей. Почему же они не наблюдаются севернее, где снега гораздо больше и где огромные сугробы лежат месяцами? Дело в том, что северные области более лесисты, скорость ветра там ограниченна, а снег более влажный и тяжёлый. В степных районах снега меньше, но он суше, мельче, обладает высокой подвижностью и даже при слабых ветрах легко поднимается в воздух, что проявляется в частоте и силе снегозаносов.

Безусловно, метель — весьма и весьма грозное погодное явление. Одной из самых опасных считается ситуация, когда большое количество снега летит горизонтально. А в пургу плотность снежного потока так велика, что видимость падает до нескольких метров; ветер же с такой силой давит на идущего человека, что ему становится трудно не только двигаться, но и дышать. Напомним, что пушкинский герой «...ничего не мог различить, кроме мутного кружения метели...». Настолько же точно А. А. Блок выразил «душность» метели:

Рукавом моих метелей
Задушу.
Серебром моих веселий
Оглушу.

Таких метелей лучше по возможности избегать. Столкновения со снеговетровой стихией почти всегда заканчиваются не в нашу пользу.

СНЕГ ВИТАЕТ В НЕБЕСАХ

Хаос в движении снежинок только кажущийся. Они движутся по определённым законам. Если проявить любознательность и терпение, то можно заметить закономерности и тонкие различия в формировании снегопереноса.

Метеорологи выделили три вида движений снежинок в низовой метели. Когда снежинки как бы «волокутся» ветром вдоль поверхности снежного покрова, льда или земли или перекатываются по поверхности, лишь кратковременно отрываясь от неё, это называется влечением. Другой вид движения — сальтация: снежинки подскакивают сначала почти вертикально, а затем снижаются по пологой кривой. При этом одна летящая частица способна оторвать от поверхности несколько других, что ведёт к насыщению снеговетрового потока. Если снежинки, сорванные со снежного покрова, взвешиваются ветром и поднимаются высоко над поверхностью, такой вид движения называют витанием.

МЕТЕЛЬ, МЕТЕЛИЦА, МЕТУХА...

Снежную стихию величают то вьюгой, то пургой, то снежной бурей. При смысловой общности находятся тонкие местные различия. Так, вьюгой обычно называют сильную низовую метель. В степях же юго-восточной Украины, Крыма, Башкирии, Казахстана и в других азиатских регионах сильная общая метель при низкой температуре именуется бураном (вспомним «Буранный полустанок» Ч. Т. Айтматова). А на севере России, в Сибири и в Финляндии любую сильную метель называют пургой (purku в переводе с финского — «метель»). На территориях Евразии с континентальным климатом учёные отличают буран и метель по воздушным вихрям, в которых они формируются. Согласно такой классификации, метель зарождается в циклонах, сопровождается повышением температуры воздуха и интенсивным снегопадом, тогда как буран — это «дитя» антициклона, когда температура воздуха падает до –30°С, а ветер поднимает и гоняет сухой снег, лежащий на земной поверхности.

В художественной литературе слова «буран», «метель» и «вьюга» считаются синонимами, поскольку большинство людей принципиальных отличий между ними не видят (есть даже выражение «буранная метель»). Но помимо этих общепринятых терминов существует множество местных (диалектных) названий. Они встречаются как в художественной литературе, так и в бытовой речи. Даже их звучание позволяет понять особую динамичность метелей разного типа: метелица, метуха, заметель, веялица, ворогуша, завива, заверуха, завитуха, крутелица, куревуха, кутерга, кутерьма, кутельга... Своеобразны народные названия позёмки: волокуша, заметь, куреха, позёмица, поземь, понизовка, поносуха, поползуха, сипуха, тащиха, тягуша...

В научной литературе всё чаще используется англоязычное название метели — близзард (блиццарт).

Если снег при пурге немного влажен, он облепляет все предметы, постепенно уплотняется и превращается в лёд. Особенно это опасно для линий электропередачи, телефонной и телеграфной сети. Провода провисают, а нередко и обрываются.

И наоборот: очень сухие снежные частицы при сильном морозе становятся твёрдыми, как наждачная пыль. По рассказам очевидцев, в арктическую пургу от ударов оледенелых снежных частиц перетирались верёвки, ржавые цепи собачьих упряжек отполировывались до блеска, а на деревянных вещах протачивались узоры: мягкие части древесины выскабливались снегом на глубину до 3 мм. Мельчайшие обломки снега, которые образуются вследствие трения снежинок друг о друга и их разрушения, обладают исключительной проникающей способностью. Они забиваются во все поры одежды; спасти от них может только специальное штормовое снаряжение.

Снежные заносы — привычное явление для России. Под ними понимают гидрометеорологическое бедствие, связанное с обильным выпадением снега, при скорости ветра свыше 15 м/с и продолжительности снегопада более 12 часов.

Заносы снега долгое время считались в России почти непреодолимой трудностью для нормальной работы сначала почтовых трактов, а затем железнодорожных и автомобильных магистралей. В позапрошлом веке одно из железнодорожных управлений даже издало приказ, чтобы начальники станций имели на случай снежных заносов лошадей с санями. Предполагалось, что если движение поездов прервётся, то пассажиры будут пересажены в сани и доставлены до той станции, где заносов нет. Это кажется странным, если вспомнить ту же пушкинскую «Метель»...

Но даже если вы находитесь в автомобиле, полагая, что защищены его корпусом, опасность не снижается. «Ползучий» снег способен обездвижить любое транспортное средство — от саней до... самолётов. Метель становится причиной множественных ДТП, массовой отмены авиарейсов, транспортных коллапсов, человеческих жертв.

Большая вьюга часто приносит значительные экономические потери. От них нередко страдает сельское хозяйство, ведь во время сильных ветров происходит выдувание снега с полей, из-за чего некоторые культуры могут замёрзнуть. Серьёзные метели случаются не только в зимнее время, но и весной.

Кандидат географических наук
Марк СОФЕР.

СУПЕРКОМПЬЮТЕР: ДОВЕСТИ ДО КИПЕНИЯ, ЧТОБЫ ОХЛАДИТЬ

Все привыкли, что персональные компьютеры охлаждают воздухом. В случае суперкомпьютера, потребляющего мегаватты энергии, охлаждение воздухом слишком энергозатратно. Поэтому инженеры разрабатывают системы охлаждения, работающие на других принципах. В частности, используется погружение вычислительных блоков в охлаждающую непроводящую жидкость (см. «Наука и жизнь» № 1, 2015 г.). Это даёт возможность увеличить коэффициент теплоотдачи при контакте с хладагентом. Однако такая иммерсионная система требует охлаждения циркулирующей в компьютерном блоке жидкости, для чего приходится использовать радиаторы с высокоразвитой поверхностью. Такие внешние блоки занимают много места.

Оригинальное решение проблемы предложил Институт программных систем РАН (ИПС РАН, г. Переславль-Залесский), где разрабатывают систему охлаждения, использующую фазовый переход охлаждающей жидкости в пар. Коэффициент теплоотдачи от охлаждаемых электронных систем к хладагенту (кипящему при температуре около 50°С) увеличивается примерно в 4,4 раза по сравнению с теплоотдачей к некипящей жидкости. Кипение жидкости происходит непосредственно на охлаждаемых микросхемах. Радиаторы при этом не требуются, благодаря чему размеры суперкомпьютерного комплекса могут быть существенно уменьшены. Понятно, что подобные вычислительные блоки должны быть герметизированы. Каждый такой герметизированный блок состоит из двух секций — кипятильника и конденсатора. В нижней секции расположены вычислительные устройства, погружённые в кипящую жидкость, а трубчатый конденсатор располагается в верхней секции. Подвод электропитания и передача информационных сигналов осуществляются через герметизированный разъём. Коммуникации могут быть реализованы через Wi-Fi. При этом системы стабилизации температуры хладагента не требуется.

Вычислительные блоки можно размещать в снегу или в водоёме (с температурой не выше 27°С) — озере, пруду, море и даже в колодце. По расчётам, блок размером с десятилитровую канистру для бензина может отдавать 4 кВт тепла. Поскольку герметизированные блоки ремонтировать нельзя, надёжность их работы обеспечивается использованием нескольких идентичных вычислительных систем, одна из которых — резервная. Она тестирует остальные и при обнаружении сбоя становится на место отказавшей системы, переводя её в режим «лечения». Если «лечение» не дало результатов, пользователь получает сигнал об ухудшении надёжности блока. Несколько герметизированных вычислительных блоков можно объединить, что повышает как вычислительные возможности, так и надёжность.

Сейчас в ИПС РАН работают над проблемой так называемого плёночного кипения. При подобном кипении вместо пузырьков вокруг охлаждаемого устройства образуется плёнка из пара, что уменьшает теплоотдачу и дополнительно разогревает процессор.

По материалам Пятого национального суперкомпьютерного форума (НСКФ-2016).

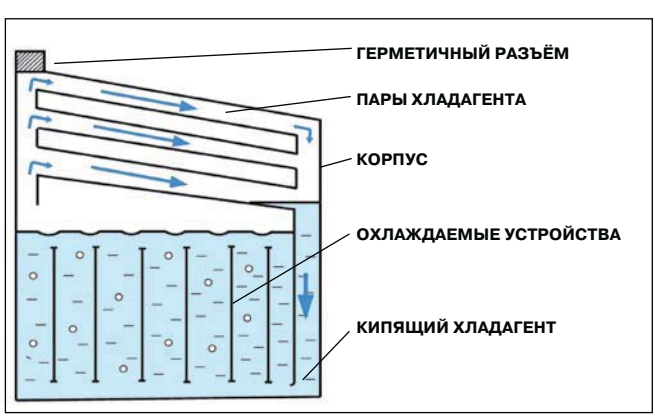
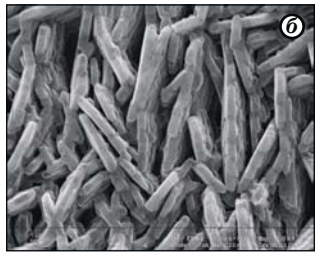
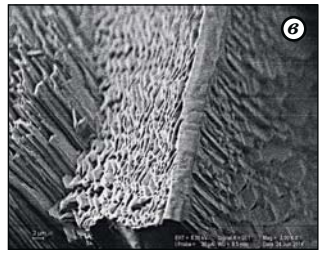


Схема герметизированного вычислительного блока, охлаждаемого кипящей жидкостью.





Типичный вид кристаллов гексогена заводского производства (а). Вид кристаллов в тонком слое гексогена толщиной 10—20 мкм, полученного послойным термовакуумным испарением-осаждением на начальной стадии его формирования (б). Поверхность сформировавшегося слоя толщиной около 200 мкм, способного к детонации (в). Видно, что он состоит из индивидуальных наноразмерных кристаллов вытянутой формы, нехарактерной для гексогена, полученного традиционным способом; по мере роста слоя эти кристаллы объединяются в единый поликристаллит, содержащий множество микропор и границ раздела.

НЕВИДИМЫЙ, НО ВЗРЫВООПАСНЫЙ

Аддитивные технологии захватывают всё новые области приложения. Специалисты Института физики взрыва Российского федерального ядерного центра (ИФВ РФЯЦ-ВНИИЭФ) разработали метод послойного «выращивания» взрывчатых веществ. Получаемые таким способом заряды взрывчатого вещества представляют собой тонкие наноструктурированные слои. Основное их преимущество перед энергетическими веществами, полученными традиционными методами синтеза, — существенное снижение критического размера детонации, что влечёт за собой миниатюризацию взрывных устройств.

По данным авторов технологии, заряды наноструктурных взрывчатых веществ способны детонировать при толщине слоя от 20 мкм. При этом скорость распространения детонации слабо зависит от толщины слоя. Отметим, что речь идёт о взрывных устройствах разного назначения, например для повышения эффективности нефтедобычи, о многоточечных системах передачи детонации (детонационные распределители), об устройствах взрывной логики и автоматики, о любых других устройствах для локального взрывного воздействия на объект. Важно, что при существенно повышенной детонационной способности заряды, состоящие из наноструктурированных взрывчатых слоёв, не уступают традиционным зарядам по безопасности, то есть они не более чувствительны к механическим и тепловым воздействиям, а значит, не более опасны в обращении.

Послойное выращивание взрывчатых слоёв производят методом термовакуумного испарения-осаждения (термовакуумного напыления), широко используемого в микроэлектронике для изготовления микросхем и других изделий электронной техники. То есть технология основана на осаждении предварительно испарённого вещества из газовой фазы на подложку. Получаемые таким способом слои взрывчатки представляют собой множество соединённых между собой кристаллов размером менее микрона (субмикронного размера). Получаемый поликристаллит содержит множество дефектов структуры: поры, границы раздела и дислокации. Именно эти дефекты выступают в качестве «горячих точек» при взрывчатом превращении в энергетическом слое. Аномально большое их количество приводит к ускорению разложения взрывчатого вещества, а значит, к облегчению детонации.

Большое количество наноразмерных дефектов облегчает развитие взрыва при использовании разных видов инициирующего импульса. Например, наблюдали взрыв слоя тэна (пентаэриттетранитрата), полученного методом послойного осаждения, под действием импульса лазерного излучения при плотности энергии ~36 Дж/см^2, в то время как у взрывчатого вещества, полученного традиционным методом, детонацию не удалось возбудить при плотности энергии вплоть до 200 Дж/см^2.

В числе преимуществ аддитивной технологии — возможность автоматизации процесса изготовления малогабаритных взрывных устройств. А комбинирование термовакуумной технологии осаждения взрывчатого вещества с процессом 3D-печати корпуса взрывного устройства в перспективе позволит «выращивать» сложное взрывное изделие в рамках одного технологического комплекса.

Татьяна ЗИМИНА.

ЭДВАРД МИЛН: ЕГО СУДЬБА, КОСМОЛОГИЯ И НЕРАВНОМЕРНОЕ ВРЕМЯ

Доктор физико-математических наук Леонид МАРТЮШЕВ, кандидат физико-математических наук Анна БИРЗИНА (Уральский федеральный университет).

Почему законы физики такие, как нам рассказали ещё в школе, и останутся ли они неизменными, несмотря на то что наша Вселенная эволюционирует во времени? Что такое время и почему мы считаем его равномерным? Эти очень естественные, «детские» вопросы физики часто относят к метафизическим и сторонятся их. Но именно эти вопросы не давали покоя английскому астрофизику Эдварду Артуру Милну (1896—1950). Его идеи о Вселенной и её законах были настолько необычны и глубоки, что их с интересом восприняли Альберт Эйнштейн, Поль Дирак, Роджер Пенроуз и другие выдающиеся учёные прошлого и настоящего. Космология, многим обязанная Милну при своём становлении, с середины XX века, казалось, стала забывать о нём. Однако новые открытия и появление гипотезы о тёмной энергии заставили космологов вспомнить сегодня об идеях Милна. О них, а также о сложной и во многом трагической судьбе этого человека будет наш рассказ.

Эдвард Артур Милн родился в Халле* 14 февраля 1896 года. В семье было три брата, Эдвард — самый старший из них. Отец занимал должность директора школы англиканской церкви Св. Марии, а мама вела домашнее хозяйство и занималась воспитанием детей — по закону, существовавшему в то время, после замужества она не имела права работать (до этого она была учительницей одной из городских школ). Семья была бедна, но отец и мать понимали, что образование детей — ключ к их лучшей жизни, и много сил отдали этому. Все братья впоследствии выбрали научную карьеру. В 1905 году семья переехала в небольшой соседний городок Хессл, где вплоть до 1908 года Эдвард ходил в школу. Там он получил стипендию для учёбы в колледже Хаймерс в Халле, в котором проучился в течение следующих шести лет, ежедневно добираясь до него из Хессла, находящегося примерно в 10 километрах. Директор Хаймерса, Чарльз Гор, будучи одарённым математиком, привил юноше любовь к своему предмету. Эдвард Милн оставался с Гором в дружеских отношениях на протяжении всей жизни.

В 1914 году Эдвард поступил в Тринити-колледж в Кембридже, набрав рекордные баллы на вступительном экзамене и получив стипендию для изучения математики и естественных наук. Как Милн потом вспоминал, в колледже он ощутил чудеснейшее чувство творческой свободы и вдохновение от перспектив интеллектуальных достижений. Этому, по его мнению, способствовало общение с Сидни Чепменом и Годфри Харди. Последний характеризовал Эдварда Милна как одного из своих самых лучших учеников по чистой математике. И это слова человека, который как раз во время знакомства с Эдвардом стал наставником едва ли не самого удивительного и загадочного математика XX столетия — индийского самородка Рамануджана. Сам Эдвард писал впоследствии, что во многом под влиянием Харди поддался очарованию теории функций комплексной переменной, и это стало бы основной областью его исследований. Но... шла Первая мировая война.

Несмотря на научные устремления и окружавшую его академическую атмосферу, Эдвард считал своим долгом прервать учёбу и пойти на военную службу, чему, однако, помешало его плохое зрение. В начале 1916 года ему поступило приглашение присоединиться к противовоздушному отделу департамента разработки боеприпасов, которое он охотно принял. В отделе собрались способные математики и физики. Здесь Милн, по мнению многих, стал достойным членом команды и выполнил ряд значимых работ. Работы велись в основном по баллистике и звукометрии, важным их приложением было нахожде-

* Халл (официальное название Кингстон-апон-Халл) — город в Англии, в 40 км от Северного моря.

ние точного местоположения немецких дирижаблей (цеппелинов). Обе эти темы естественным образом затрагивали многие проблемы, связанные с атмосферой Земли. Милн участвовал не только во всех математических этапах работ, но и в их практическом воплощении. Во время огневых испытаний он, с риском для жизни, отправлялся на самолёте настолько высоко, насколько самолёт мог подняться, чтобы измерить давление и температуру на различных высотах. Он работал в основном на Уэйл Айленде (Портсмут), но по своим обязанностям много ездил по стране. Кроме того, он провёл несколько месяцев 1918 года во Франции, консультируя офицеров зенитной артиллерии Первой армии. В день подписания перемирия, 11 ноября 1918 года, он был в Париже. За военную службу Милн награждён орденом Британской империи.

Война и всё, что с ней было связано, сильно изменили Эдварда, и он это осознавал. Куда-то делись юношеский романтизм и максимализм, в душе образовалась пустота. Эдвард стал ощущать себя слишком старым для занятия наукой. И это в 22 года! Два года войны... Может, тогда появились у него мысли о неравномерности времени? Эдвард понимал, что уже никогда не сможет, как прежде, уютно сосуществовать с миром царицы всех наук — чистой математики с её высочайшей абстракцией и походить на некогда своего кумира Харди, который однажды гордо заметил: «Я никогда не делал чего-нибудь "полезного". Ни одно моё открытие не привело и не могло бы привести, явно или не явно, к добру или к злу, или к малейшему изменению в благоустройстве мира». В 1919 году Милн всё же возвращается в Кембридж, после долгих уговоров старших коллег. Он вернулся, но уже не чистым математиком, а прикладным и сразу подготовил несколько диссертаций. На основании этого, а также с учётом отзывов его руководителей военного времени в тот же год он стал сотрудником Тринити-колледжа. Его диссертации посвящены исследованиям максимальных значений интегралов, звуковым волнам в атмосфере и изучению теоретического состава, ионизации и вязкости атмосферы Земли на больших высотах. Последняя диссертация была написана под руководством С. Чепмена.

Эдвард Артур Милн — морской офицер. 1917 год.

Вскоре Милну предложили должность помощника руководителя Солнечной физической обсерватории. Он принял предложение, но, считая себя не готовым сразу приступить к обязанностям, попросил год, чтобы заняться изучением немецкого языка и дисциплин, в которых он, по его мнению, был несведущ вследствие своего необычного пути в науку.

Работая в обсерватории, Милн одновременно преподавал в университете астрофизику, а впоследствии и другие физические и математические дисциплины.

В 1928 году Милн стал первым обладателем почётнейшего звания профессора математики имени Рауза Болла в Оксфорде, а также был избран членом Уэдхем-колледжа. Эти должности он занимал до конца жизни. Милн организовал коллоквиум, который посещали многие молодые математики. Среди его выдающихся оксфордских учеников могут быть названы Томас Каулинг, Артур Уолкер и Джеральд Уитроу.

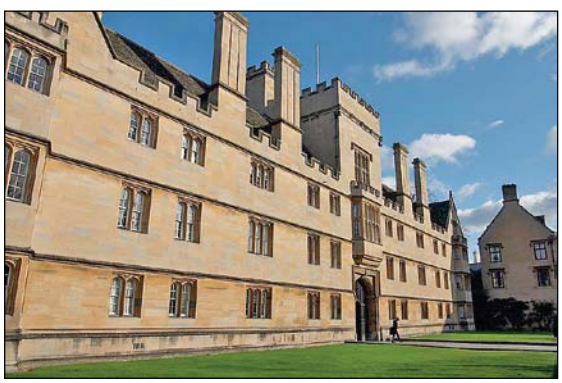
По приглашению Эрвина Шрёдингера Милн в 1931 году читал лекции в Берлинском университете. Осень 1932 года он провёл в Астрофизической обсерватории

Большой двор Тринити-колледжа, Кембридж. Alma mater Милна, сюда он вернулся после Первой мировой войны, решив продолжить научную карьеру.

в Потсдаме, работая в Башне Эйнштейна. Это дало ему возможность обсудить с Эйнштейном и Фройндлихом свои новые идеи по космологии, и именно в Потсдаме он написал свою первую статью по этой теме. Милн читал лекции на немецком языке и в ряде других университетов Германии, а также совершил путешествие в Копенгаген и прочёл лекции там.

Во время Второй мировой войны, с 1939 по 1944 год, Милн взял отпуск в Оксфорде, чтобы работать с артиллерийско-техническим комитетом. Бóльшую часть времени он проводил в Чизлхерсте. Его работа была связана с баллистикой, с анализом бронебойных экспериментов, с ракетами,

Уэдхем-колледж в Оксфорде. Занимая должность профессора математики в Оксфорде с 1929 года, Милн в этом колледже проводил много времени за обсуждением научных вопросов. Здесь он любил обедать и несколько лет выполнял очень обременительные обязанности библиотекаря, реорганизовав библиотеку.



со звукометрией и с оптимальным распределением противовоздушных орудий. В значительной мере это стало естественным продолжением работы, которую он осуществлял во время Первой мировой войны.

Милн был женат дважды. В 1928 году в Манчестере он женился на Маргарет Скотт Кэмпбелл. От этого брака родились две дочери и сын. Вскоре после рождения сына в 1938 году Марго Милн умерла при тяжёлых обстоятельствах. Второй женой Милна стала Беатрис Бревурт Ренвик. Милн встретил её перед самой войной на борту корабля в Атлантике, во время научной командировки. После начала войны Беатрис предприняла героическое путешествие из Америки, чтобы выйти замуж. Церемония состоялась в Оксфорде в 1940 году. В 1943 году у них родилась дочь. Эта история достойна лучших режиссёров и экранизаций, здесь было всё: романтичная любовь, разлука, невзгоды, встреча и... трагический финал. Суровость военных лет в чужой стране (в 1944 году дом, где они жили, был разрушен авиабомбой) оказалась непосильной для Беатрис, что привело её к самоубийству в 1945 году.

Жизнь не раз сталкивала Милна с тяжёлыми испытаниями. Его отец внезапно скончался в 1921 году, и обязанности по поддержке братьев и пожилой матери легли на плечи Эдварда. В 1923 году сам Эдвард Милн перенёс эпидемический энцефалит. Хотя он восстановился после болезни, ему не удалось избежать поздних последствий, которые стали причиной нервных нарушений, приведших к мышечной ригидности и тремору. Трагические события в семье тоже не прошли бесследно, возникли проблемы с сердцем.

Милн скоропостижно скончался в Дублине 21 сентября 1950 года. Он шёл, чтобы прочитать доклад на специальном собрании Королевского астрономического общества. Несколькими неделями ранее сердечные приступы обострились, но он не стал отменять этот визит. По пути на собрание Эдвард Милн упал в обморок на улице и умер через несколько минут.

Его друг, профессор Хэрри Пласкетт, в память о нём написал: «Основными чертами характера Милна были добросовестность и суровая самодисциплина. Он не допускал в себе слабостей... Ставя перед

собой цель, он не мог отклониться, и работа, которую он доводил до завершения до, во время и, особенно, после войны, когда его здоровье было подорвано и он был почти раздавлен личной трагедией, может считаться, по крайней мере, монументом человеческим дерзаниям. До самого конца перегружая себя работой, он... умер как жил — непобеждённым».

Что же сделал в науке этот внешне щуплый, худощавый, но — пока позволяло здоровье — энергичный и внутренне очень сильный человек? Почему мы не должны предавать забвению его имя и его идеи?

В творчестве Э. А. Милна можно выделить три больших научных этапа. С 1920 по 1929 год он занимался теорией звёздных атмосфер, с 1929 по 1935 год — теорией строения звёзд, а с 1932 года и до самой смерти — космологией.

В исследованиях состояния ионизации атмосферного вещества звёзд и особенностей переноса излучения сквозь эту атмосферу Милн существенно развил и обобщил труды Роберта Эмдена, Карла Шварцшильда, Артура Эддингтона, Мегнада Саха и др. Его результаты имеют значимую и общепризнанную ценность с точки зрения сложившихся в настоящее время представлений. Информация о них содержится в соответствующих монографиях, учебниках и энциклопедиях. Благодаря этим работам признание научного авторитета пришло к Милну рано и сохранялось до конца его жизни. Он получил множество наград, был почётным членом авторитетнейших научных обществ, президентом Королевского астрономического общества.

Работы Милна, касающиеся звёздной структуры, наиболее противоречивы и спорны. Они начались с резких разногласий с Эддингтоном. Милн считал, что Эддингтон сбился с пути, поскольку построил математическую модель внутреннего строения звёзд на основе частного решения дифференциального уравнения Эмдена, ряда математических приближений, а также предположения, что газовые

Э. А. Милн, 1929—1930 годы.

законы выполняются для всей звезды. Отказавшись от этих приближений и анализируя решения уравнения Эмдена в общем виде, Милн предполагал, что эти решения соответствуют действительно существующим в космосе звёздам особых типов, не учтённых Эддингтоном. Результаты, достигнутые Милном в ходе исследования этой проблемы, нельзя признать верными с точки зрения современной астрофизики звёзд. Однако Милн разработал мощные аналитические методы для описания со-

Эдвард Артур Милн, его жена Маргарет Скотт Кэмпбелл и две их дочери — Элеонора и Мег. 1936 год.

Фрагмент групповой фотографии семинара Эдинбургского математического общества, проходившего в университете Сент-Андруса, Шотландия, 1934 год. В центре Герберт Тернбулл, профессор математики университета Сент-Андруса, справа от него миссис Тернбулл, Эдвард Артур Милн и миссис Милн. Девочка в белом платье — Элеонора Милн. Слева от профессора Тернбулла сидят миссис де Ситтер и Виллем де Ситтер, нидерландский астроном, создавший одну из первых релятивистских космологических моделей, ставших основой теорий расширяющейся Вселенной.

ставных звёздных моделей. Тем самым он стимулировал возникновение последующих теорий (особенно по смешанным звёздным структурам) либо разработал для них необходимые математические методы.

Космологическая теория Э. А. Милна — его наиболее оригинальный и яркий результат. Начиная с 1932 года Милн, без сомнения, считал это главным делом жизни. Даже в разгар войны, при всей загруженности работами по военной тематике, он продолжал заниматься своей космологией, вставая рано утром и посвящая ей час-два перед завтраком. Итог этих титанических исследований Милна — несколько десятков статей. Последние были обобщены в трёх монографиях: «Относительность, гравитация и структура мира» (1935), «Кинематическая теория относительности» (1948) и, наконец, законченная за несколько дней до его смерти «Современная космология и христианская идея бога» (1952) — книга, в которой Эдвард Милн подводит итог своих физико-математических и философских размышлений.

Результаты Милна по кинематической теории относительности (КТО) — такое общее название получила его космологическая теория — оказали значительное влияние на развитие космологии и даже рассматривались в качестве многообещающей конкурентоспособной альтернативы космологии, основанной на общей теории относительности Эйнштейна (ОТО). Однако в настоящее время упоминаний об этой теории Милна практически не найти в литературе. История науки оказалась безжалостной к кинематической теории относительности Эдварда Милна: либо о ней предпочитают не упоминать, либо её содержание намеренно или ненамеренно искажается. Как здесь не процитировать слова философа науки Томаса Куна: «Частью вследствие отбора материала, а частью вследствие его искажения учёные прошлого безоговорочно изображаются как учёные, работавшие над тем же самым кругом постоянных проблем и с тем же самым набором канонов, за которыми последняя революция в научной теории и методе закрепила прерогативы научности...»

Попытаемся кратко и популярно рассказать о космологической теории Милна. Прежде всего необычно, во всяком случае для физика, отношение Милна к законам природы (не зря он причислял себя к естественным философам). Приведём ряд цитат из его работ, ярко высвечивающих эту точку зрения: