

# Квазар

**От маленького к большому**  
начинаем путешествие в мир полимеров **стр. 12-21**



**Магия фигуры**  
шестиугольники в природе **стр. 4-9**

**Дальше в прошлое**  
Тайна первой галактики **стр. 24-29**

**Ползучий дрон и**  
**тетрафлексагон**  
Метаматериал из будущего? **стр. 44-49**

**Вслед за волной:**  
**Память компьютера**

**стр. 32-35**

**Баннй лист**  
**в мире ящериц**

**стр. 38-41**

A night sky with a bright star and a reflection on water. The sky is dark blue with many small stars. A bright star is visible in the upper left quadrant. Below the sky, there is a dark silhouette of a mountain range. In the foreground, there is a body of water reflecting the light from the star and the sky. The reflection is a bright, horizontal band of light on the water's surface.

Здравствуй, дорогой читатель!

Тебя приветствует редакция научно-познавательного журнала «Квазар»! Перед тобой лежит февральский выпуск, полный интересных и загадочных статей. Рады сообщить, что мы сохранили большинство наших концепций, в том числе и следование одной тематике.

Февральский выпуск называется: «От маленького к большому». Весь выпуск будет пронизан переходами с чего-то маленького на что-то масштабное. Сначала, мы поговорим о маленькой геометрической фигуре, а затем пройдемся по самым неожиданным встречам с этой фигурой в природе. Мы посмотрим как из маленьких молекул состоящих из нескольких атомов получаются огромные молекулы с порой миллионами атомов, которые наш мир знает как полимеры. Мир полимеров настолько необъятен, что говорить о них мы будем не один выпуск. Мы расскажем о проблемах связанных с поиском первой галактики, и как их собираются решать в будущем. Мы вспомним о крошечной волне и проследуем за ее путешествием по памяти компьютера. Как бонус, мы познакомим вас с одним интересным, хоть и на первый взгляд загадочным, проектом, присланным одним из читателей.

Мы приветствуем как новых читателей, так уже и старожилов «Квазара». Желаем приятного времяпровождения с журналом в руке, а также напоминаем, что все выпуски нашего журнала взаимосвязаны: вам будет гораздо проще воспринимать информацию, если вы ознакомитесь и с предыдущими выпусками журнала. Тем не менее, мы постарались изложить информацию так, чтобы у вас не возникало никакого дискомфорта.

Если вам что-то не понравилось в этом выпуске, появился вопрос или предложение - мы ждем любых ваших обращений в редакцию, хоть через наш сайт, хоть через социальные сети. Ваше мнение очень важно для нас, благодаря вашим обращениям наш журнал становится лучше. Приятного чтения!

*С уважением, редакция журнала «Квазар»*

# Магия фигуры: шестиугольники в природе

Правильный шестиугольник обладает многими интересными геометрическими свойствами. Вот некоторые из них:

- 1) радиус описанной около правильного шестиугольника окружности равен его стороне;
- 2) равными правильными шестиугольниками можно замостить плоскость (т.е. покрыть ее без наложений и пробелов);
- 3) среди правильных //99% что и среди неправильных, но я проверил только для



правильных (для других это займет много времени; плюс, например, возможно, что еще есть неизвестные сегодня пятиугольники замощающие плоскость)// многоугольников площади 1, копиями которых можно замостить плоскость, наименьший периметр имеет правильный шестиугольник.

Рассмотрим примеры использования природой этих свойств правильного шестиугольника.

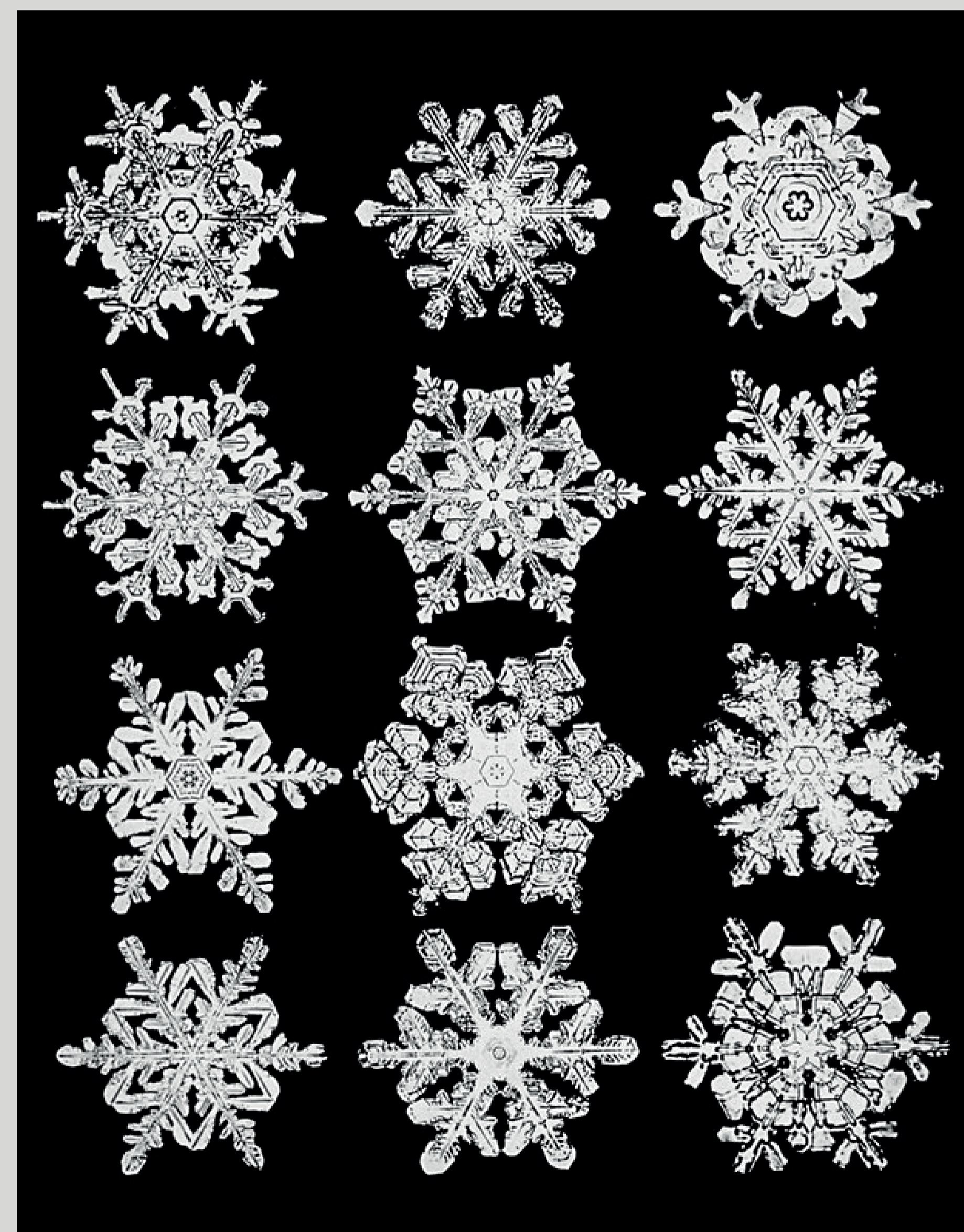
Всем известный пример – **пчелиные соты**.

Пчелы изготавливают соты из воска. Для того чтобы получить 1 грамм воска, им необходимо съесть примерно 8,4 грамма меда. Отсюда понятно, что пчелам целесообразно строить соты, используя как можно меньше воска. Поэтому, наиболее распространенное объяснение правильной шестиугольной формы сот ссылается на свойства 2 и 3.

Второй известный пример – **снежинки**.

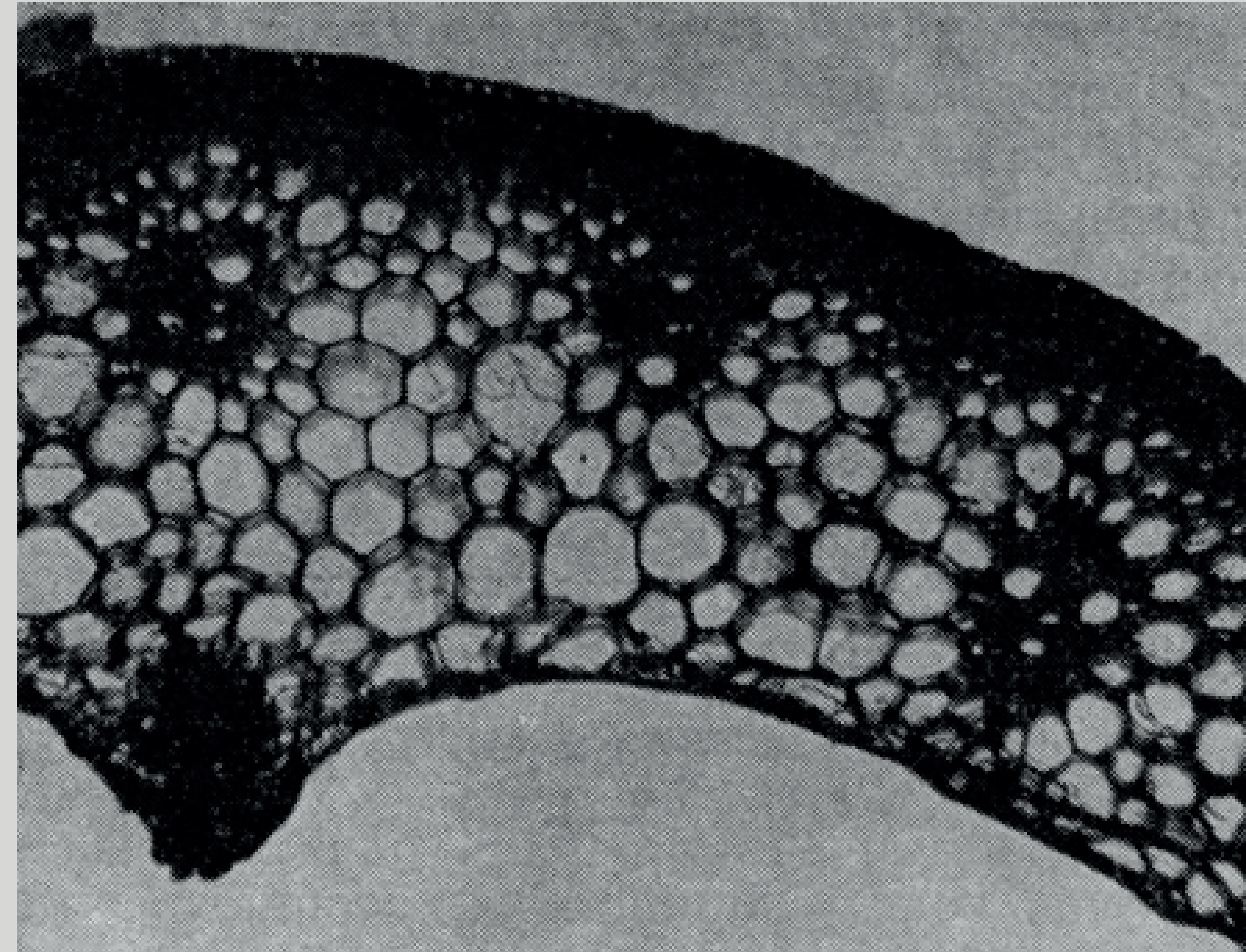
Шестиугольная форма снежинок, в общих чертах, объясняется следующим образом. Сначала микроскопические капли воды в облаках притягиваются к пылевым частицам и замерзают. Образующиеся таким образом кристаллы льда падают и растут из-за конденсации на них влаги из воздуха. Структура молекул воды позволяет углам между соседними лучами такого кристалла принимать только два значения –  $60^\circ$  и  $120^\circ$  (довольно редко). Таким образом, его центральная часть имеет в плоскости форму правильного шестиугольника. Затем, на вершинах этого шестиугольника осаждаются новые кристаллы, на

них – новые, и так далее. Кристаллизация всех шести лучей происходит в одно и то же время, в практически идентичных условиях, и поэтому они в итоге получаются столь похожими.



**Стебли травы.**

Все в детстве срывали траву с земли и знают, что с некоторыми ее видами это совсем не просто. При таком крошечном весе и толщине стенок всего 0,6 мм стебель травы становится необычайно прочным. Такая прочность обусловлена тем, что



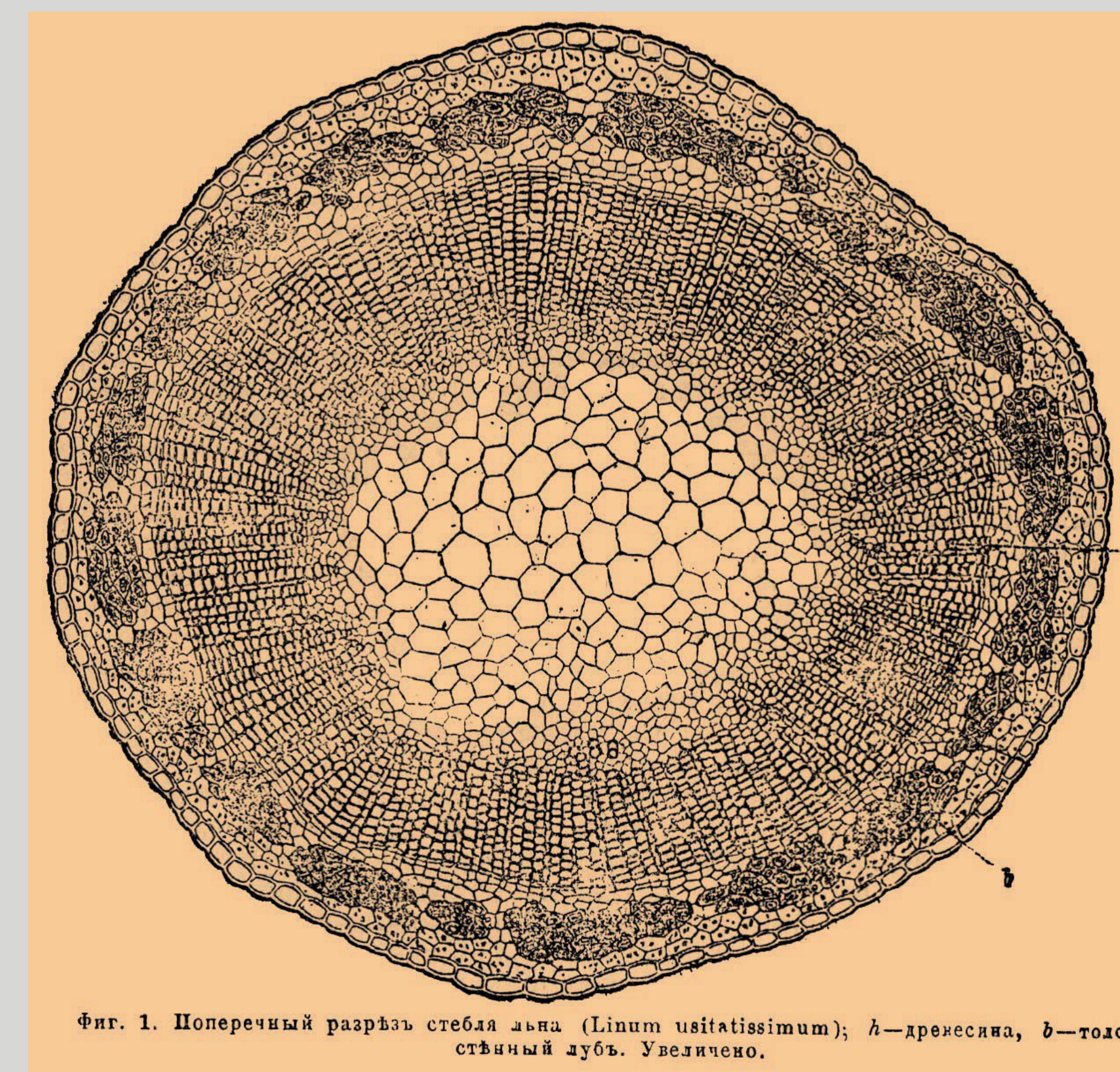
(на фотографии поперечный срез соломины ячменя)

пространство между внешней и внутренней стенками трубки стебля заполнено крупноячеистой, очень легкой сотовой структурой (т.е. состоящей из правильных шестиугольников). Ячейки правильной шестиугольной формы наиболее эффективно противостоят воздействию внешних сил.

А теперь давайте полюбуемся правильными шестиугольниками из неживой природы.

**Башня Дьявола.**

На протяжении 386 метров колонны сохраняют правильный шестиугольный разрез. Не правда ли, такая невероятная точность наталкивает на мысль, что, быть может, эта гора когда-то была огромным растением. Сейчас же, горе приписывают вулканическое происхождение



Фиг. 1. Поперечный разрез стебля льна (*Linum usitatissimum*); А—древесина, Б—толстостенный зуб. Увеличено.

Поперечный срез стебля льна



Башня Дьявола, Вайоминг, США

**Тропа Великана**

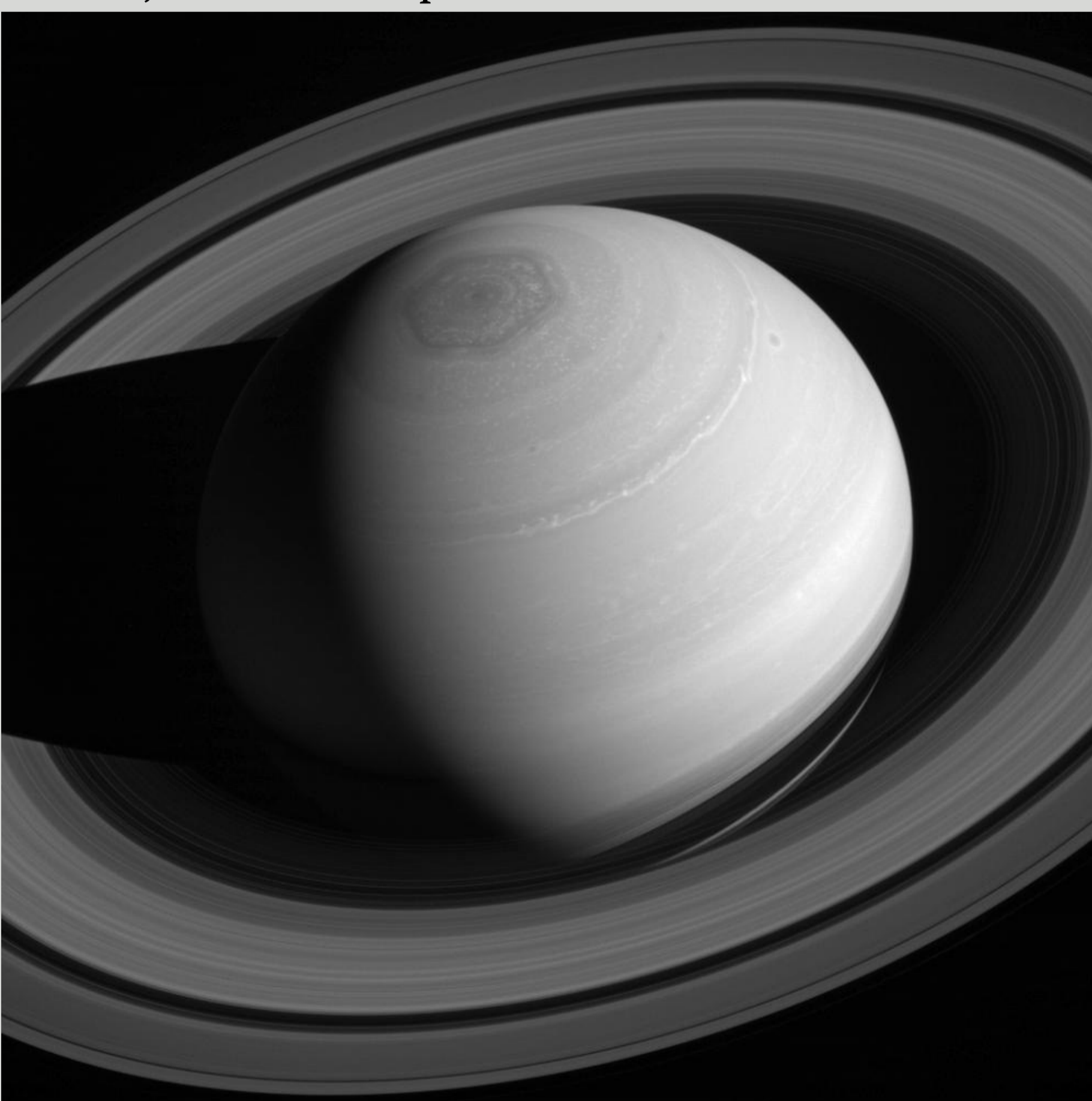
Удивительный памятник природы из пример-



Мостовая гигантов/Дорога гигантов/Тропа великана.

но 40000 соединенных между собой базальтовых колонн, образовавшихся в результате древнего извержения вулкана. Большинство колонн шестиугольные, хотя у некоторых четыре, пять, семь и восемь углов. Самая высокая колонна высотой около 12 м. Этот памятник находится в Северной Ирландии.

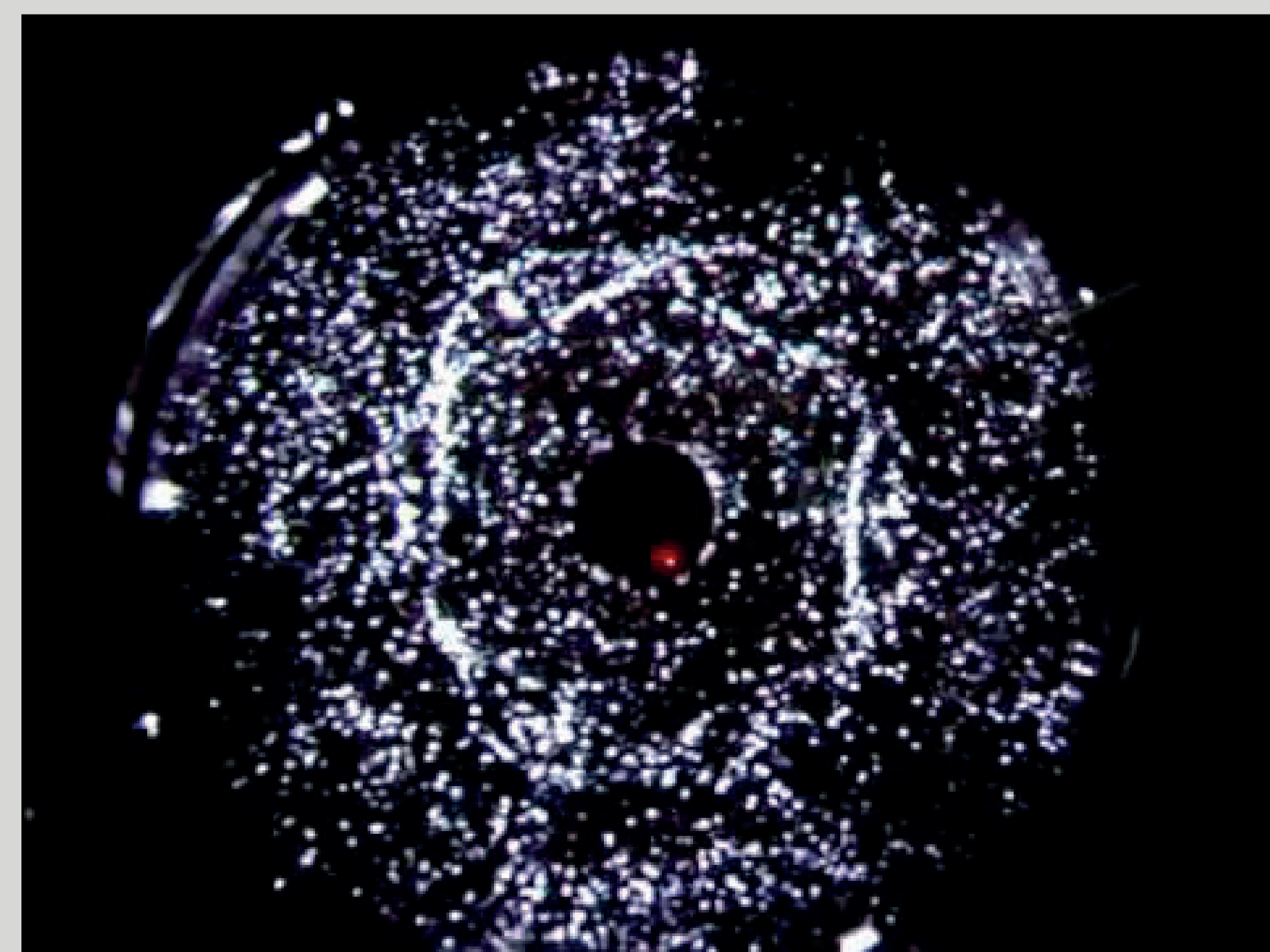
А теперь правильный шестиугольник колоссальных размеров – **Шестиугольник Сатурна**. Это чудо света с поперечником в 25 тысяч километров (!) находится на северном полюсе Сатурна. Происхождение этого атмосферного явления пока не имеет строго объяснения, но предполагается, что это вихрь.



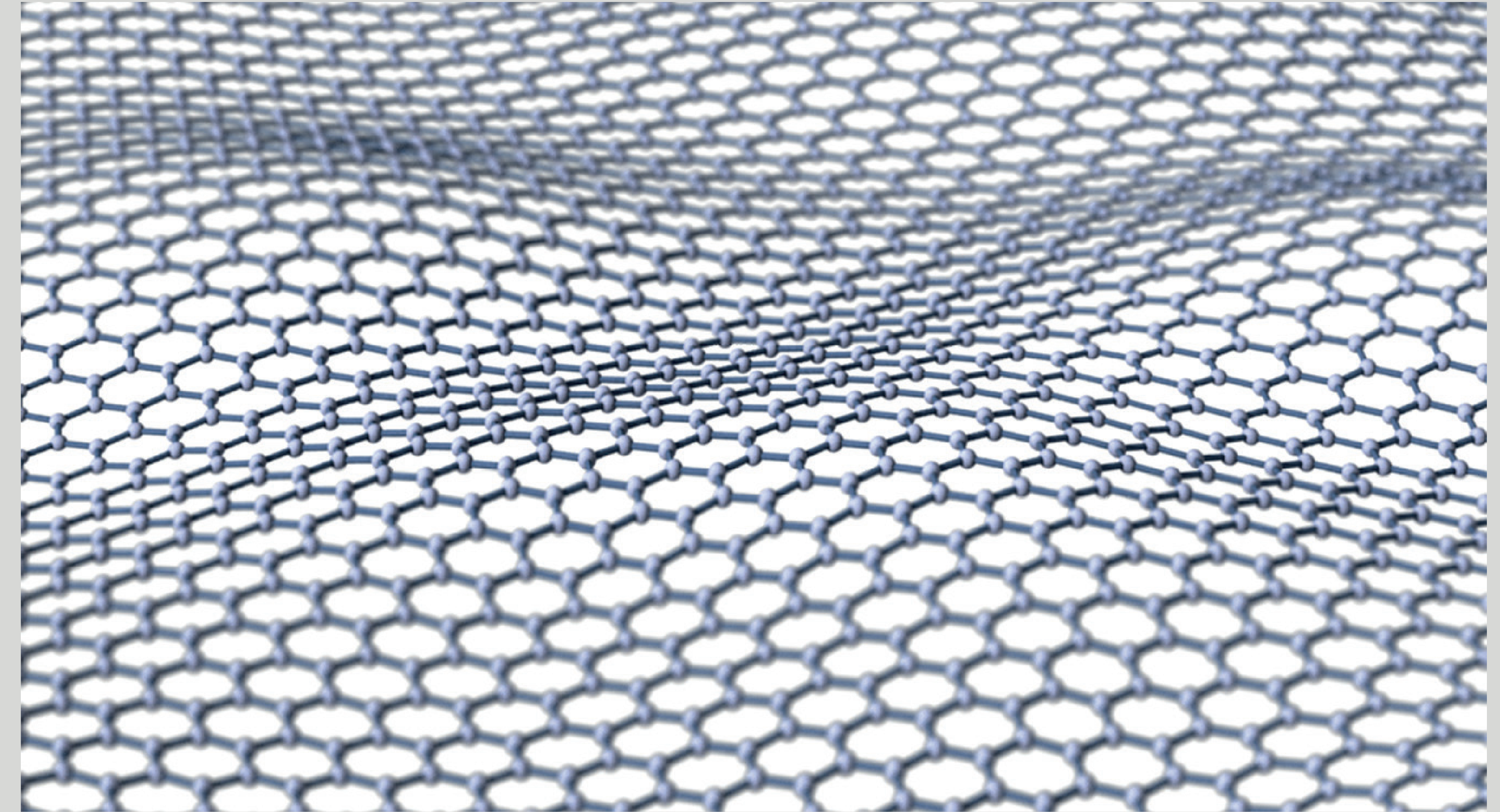
Пожалуй, это самый большой шестиугольник в Солнечной система

Из Википедии:

“Учёные из Оксфордского университета смогли в лабораторных условиях смоделировать возникновение подобного шестиугольника. Чтобы выяснить, как возникает такое образование, исследователи поставили на вращающийся стол 30-литровый баллон с водой. Она моделировала атмосферу Сатурна и её обычное вращение. Внутри учёные поместили маленькие кольца, вращающиеся быстрее ёмкости. Это генерировало миниатюрные вихри и струи, которые экспериментаторы визуализировали при помощи зелёной краски. Чем быстрее вращалось кольцо, тем больше становились вихри, заставляя близлежащий поток отклоняться от круговой формы. Таким образом, учёным удалось получить различные фигуры – овалы, треугольники, квадраты и, конечно, искомый шестиугольник.



Эксперимент ученых, в котором они симулировали движение воздушных масс. Светящиеся точки - это специальные молекулы - маркеры



Большой лист графена. Наглядно демонстрируется равномерность и гибкость молекулы

Учёные сопоставили данные опыта с происходящим на Сатурне и выдвинули предположение, что в его высоких северных широтах отдельные струйные течения разогнаны как раз до той скорости, при которой формируется нечто вроде устойчивой волны — планетарный шестиугольник. И хотя «расследование» не раскрывает происхождения подобных течений, оно показывает, почему вся система столь красива и, главное, столь долго живёт.”

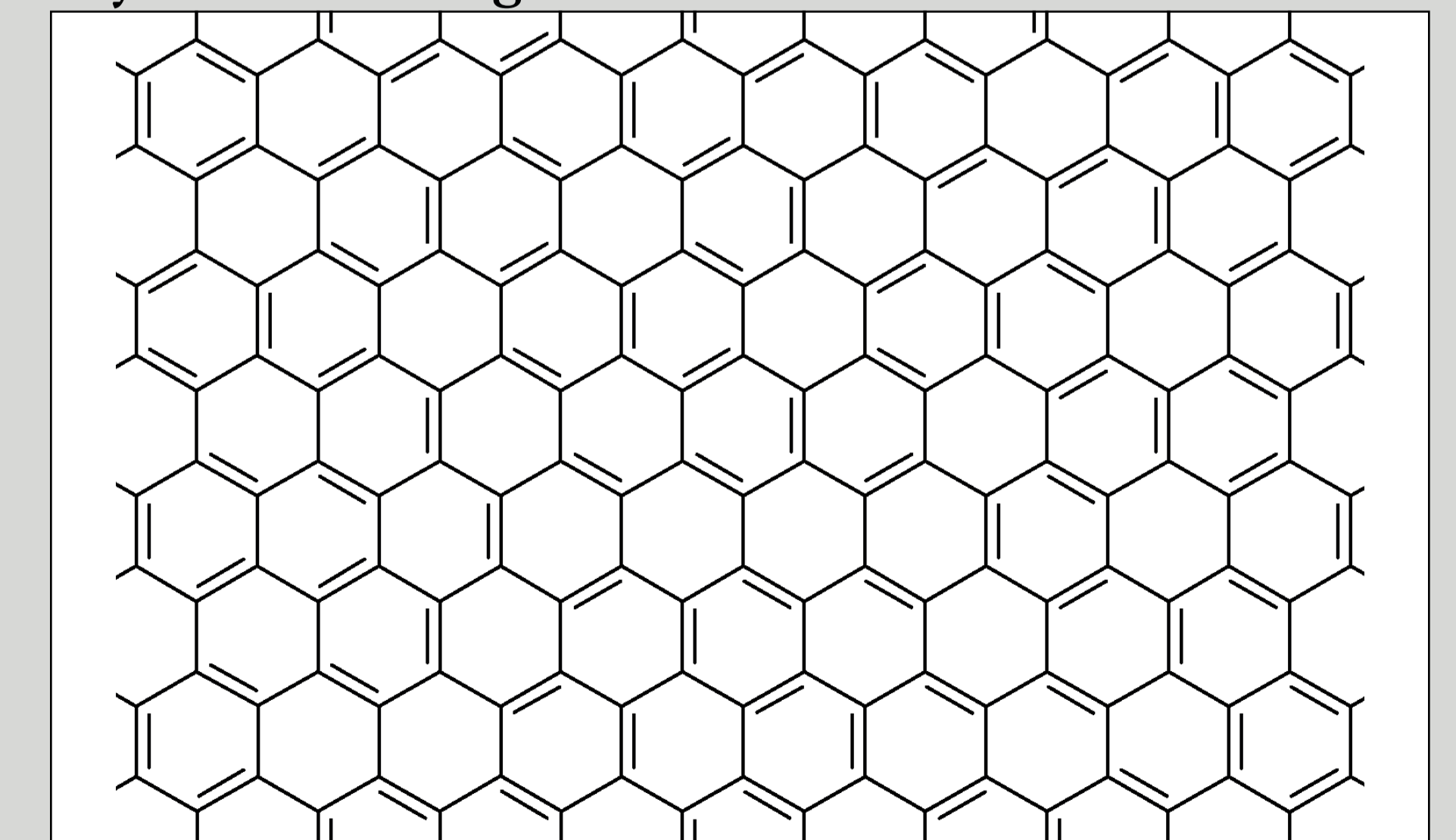
### Графен.

Графен – первый известный истинно двумерный кристалл. Это означает, что весь кристалл состоит только из одного слоя, в данном случае из одного слоя шестиугольников. В каждой вершине шестиугольника находится атом углерода. Формально, графен – это аллотропная модификация углерода. Иными словами, это соединение, состоящее чисто из атомов углерода. Другими аллотропными модификациями углерода являются алмаз и графит. Графит (стержень карандаша) является трехмерной структурой, в которой множество графеновых листов наложены друг на друга. Графен можно рассматривать как одну огромную молекулу с сопряженными связями.

Примечание: подробнее о сопряженных связях можно прочитать в мартовском выпуске – Восприятие Мира Vol.1. Сопряженные связи – это череда повторяющихся фрагментов двойных и одинарных связей между углеродами. Чем больше таких фрагментов, тем больше электронных орбиталей. Это приводит к очень маленькой разнице в энергии между высшей заполненной

молекулярной орбиталью (ВЗМО) и низшей свободной молекулярной орбиталью (НСМО). Это расстояние также известно как запрещенная зона, поскольку чтобы проводить электричество электроны должны перейти это расстояние на свободные орбитали.

У графена настолько много фрагментов, что ширина этой зоны равна нулю. Таким образом графен является отличным проводником электричества. Материал также обладает высокой теплопроводностью и прочностью (благодаря своей шестиугольной структуре). Samsung и IBM уже начали эксперименты по созданию транзисторов из графена, которые будут отличной альтернативой уже существующим кремниевым транзисторам. Стоит сказать, что с каждым годом все больше и больше внимания среди ученых посвящается графену. На июль 2014 было зарегистрировано свыше 14000 патентов связанных с графеном. Лидером по количеству патентов выступает Samsung.



Молекулярная структура графена. Обратите внимание на количество чередующихся двойных и одинарных черточек

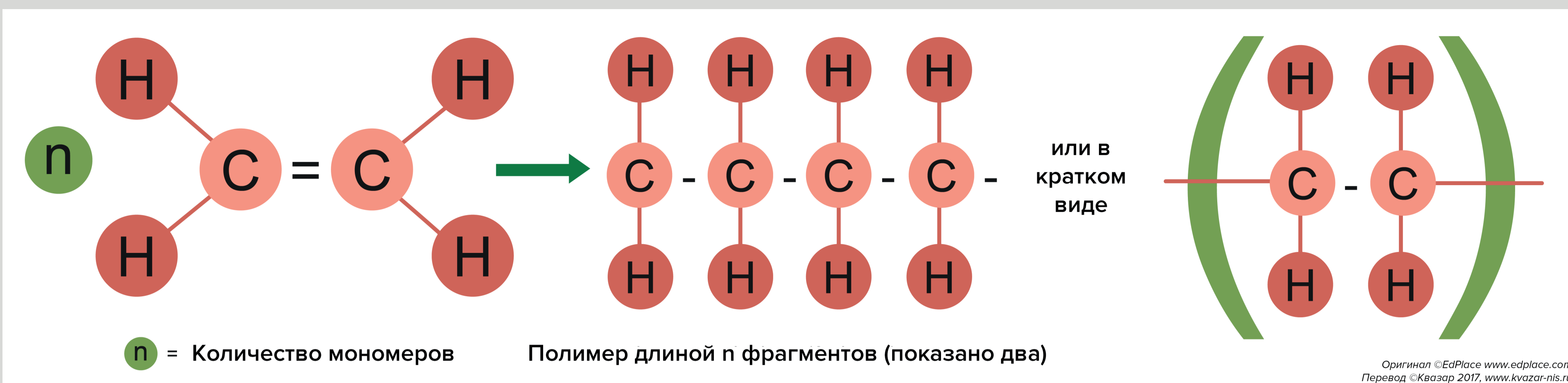


Шафран весенний цветет под ночным небом в горной долине на высоте 1700м. Видны Марс, Сатурн, созвездия Змееносца и Орла.  
Nikon D600 + Nikkor 17-35/2.8D @ 17mm, f/2.8, 4x15s, ISO 4000  
передний план проработан после перефокусировки вспышкой  
Nikon SB-800 с зонтом при f/8  
Автор фото: Игорь Хомич

# От маленького к большому

Наш мир невозможно представить без полимеров. Человечество стало использовать полимеры задолго до того, как зародилась алхимия. Начиная с кожи, мехов, шерсти, шелка и хлопка, заканчивая всем: от одноразовых кружек до машин, почти все, чем мы пользуемся ежедневно состоит из полимеров. Так что же это такое?

Пожалуй, сначала стоит разобраться с тем, что такое полимер. Полимер – это огромная молекула, которая состоит из множества других маленьких молекул. Они могут быть одинаковыми, а могут быть разными (но как правило число разных молекул находится в диапазоне 2х-3х).



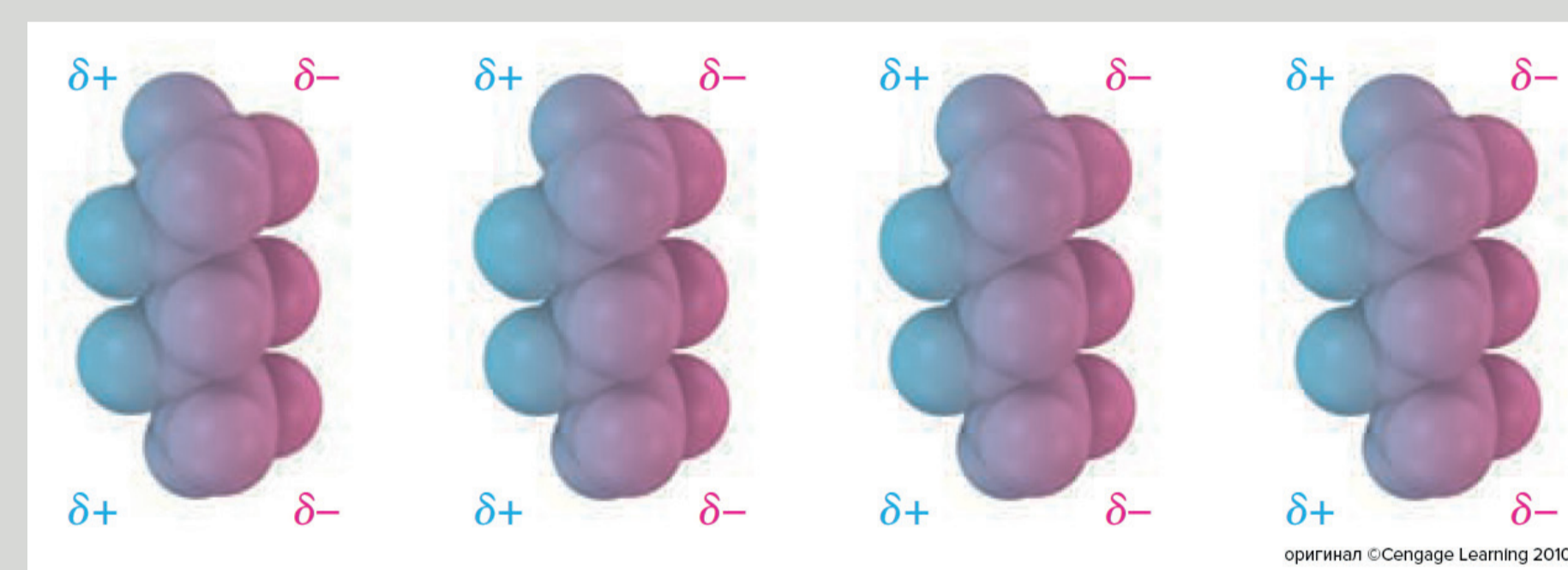
Самый простейший, и в то же время удивительный полимер – полиэтилен. Вероятней всего, вы представили себе обычный пакет, в котором приносите еду из супермаркета. Единичная структура полиэтилена – фрагмент  $\text{CH}_2\text{CH}_2$  – имеет относительную массу 28 единиц. В зависимости от количества таких фрагментов и общей структуры полиэтилен делится на несколько видов.

**Полиэтилен очень низкой плотности (VLDPE – very-low-density polyethylene).** Плотность такого полимера находится в промежутке 0.880-0.915 г/см<sup>3</sup>. VLDPE в основном используется для производства резиновых шлангов (пожалуй, прилагательное резиновый не самое подходящее, поскольку резина тоже полимер, но так вы лучше поймете о каких шлангах идет речь), надувных санок (тюбов), пакетиков для льда и замороженной пищи, упаковки пищевых продуктов (наверняка у вас на кухне есть рулон пленки – это и есть VLDPE). Гораздо большее промышленное применение VLDPE – это использование его в качестве добавки к другим полимерам для регулировки плотности.



Очень схематичное изображение молекулы LDPE. Каждая линия – это множество фрагментов  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$

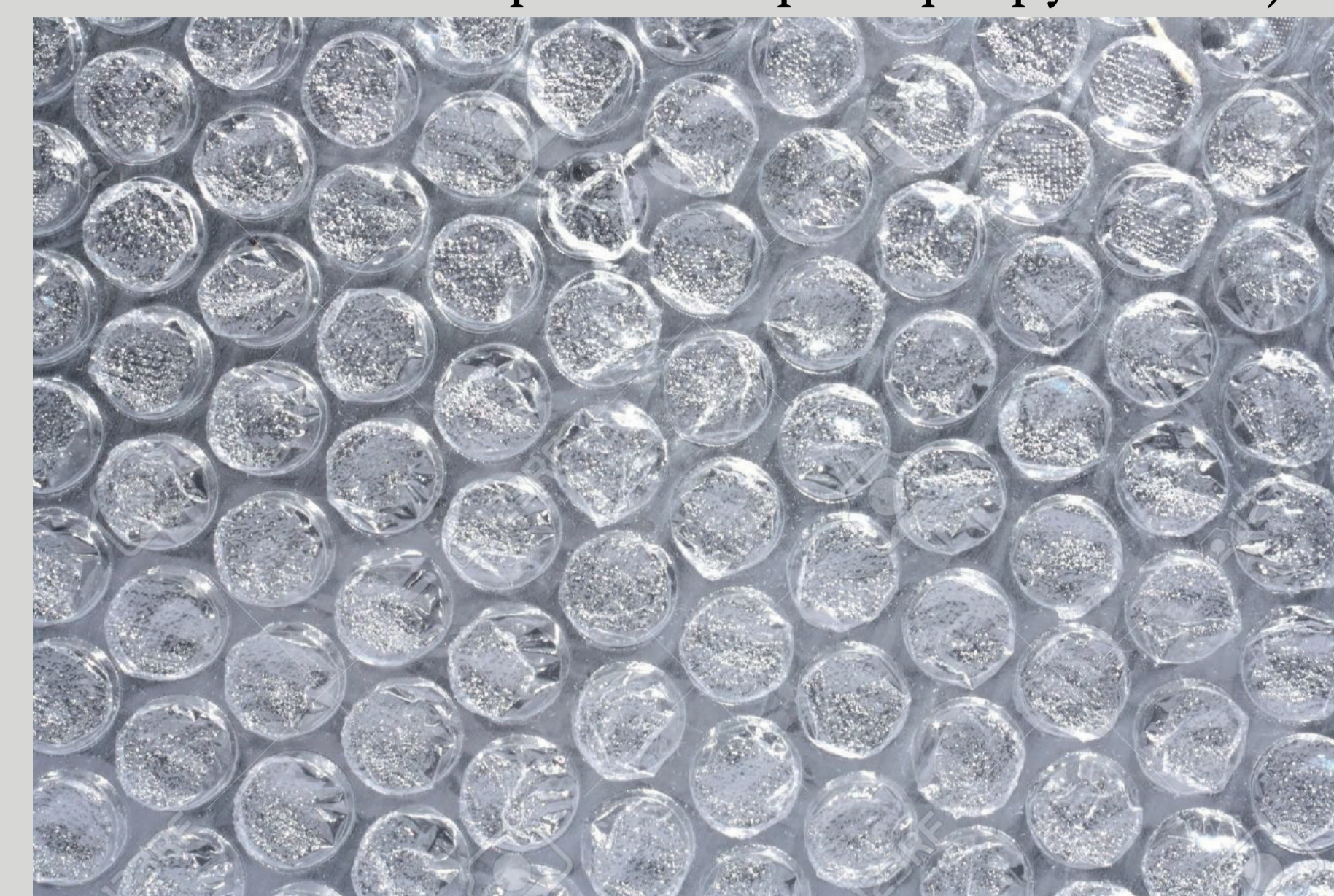
**Полиэтилен низкой плотности (LDPE – low-density polyethylene).** Плотность такого полимера находится в интервале 0.910-0.940 г/см<sup>3</sup>. LDPE характеризуется большим количеством разветвлений (как на рисунке). Это может показаться странным, поскольку вроде бы полиэтилен состоит из повторений фрагмента  $-\text{CH}_2\text{CH}_2-$ , и тогда откуда разветвления? Дело в том, что и VLDPE, и LDPE получают из этилена под очень высокими давлениями, именно из-за этого происходят неожиданные разветвления и структура становится нелинейной. Именно этой структурной особенностью объясняется низкая плотность обоих полимеров: представьте себе пять карандашей и пять веточек той же длины. Что можно упаковать плотнее – плоские линейные карандаши или ветки с разветвлениями? Логично предположить, что чем больше разветвлений – тем ниже плотность.



Дисперсионные силы

В августовском выпуске мы обсуждали межмолекулярные взаимодействия (Квазар №5, статья: Жидкая вода и газообразный уран), а именно: дисперсионные силы. Если вы не читали статью, крайне рекомендуем это сделать, а пока кратко введем в суть дела: между молекулами существуют силы притяжения, которые появляются в результате неравномерного распределения электронов по молекуле, что приводит к частично-положительным и частично-отрицательным зарядам. Величина такого взаимодействия зависит от формы молекулы, т.к. играет роль не только наличие двух противоположных зарядов, но и расстояние между ними. Возьмите две нитки длиной 5 см, одну сверните в клубочек, а другую вытяните – максимальное расстояние между двумя концами молекулы больше в вытянутой нитке (аналогично в линейных молекулах). Таким образом в более разветвленных (более кру-

глых) молекулах меньше максимальное расстояние, следовательно слабей силы притяжения. Из-за этого LDPE не может похвастаться высоким пределом прочности (механическое напряжение выше которого материал разрушается).



Легендарная пузырчатая пленка

По состоянию на 2013 год, на мировом рынке было произведено LDPE на общую сумму 33 миллиарда долларов. LDPE находит применение в качестве контейнеров для самых разных назначений (в том числе и контейнеров для мусора), знаменитой воздушно-пузырчатой пленки (да, той самой), пенопласта и материала для обивки детских горок в бассейнах.

**Линейный полиэтилен низкой плотности (LLDPE, Linear low-density polyethylene).** По плотности он схож с LDPE, однако он обладает меньшей разветвленностью и, дабы добиться такой же низкой плотности, содержит больше маленьких разветвлений. Чтобы более наглядно понять рассмотрим дерево и шерстяную нитку. Дерево – это аналог LDPE, когда очень много разветвлений, и общая структура нелинейная, а шерстяная нитка она прямая, но у нее есть маленькие ворсинки. Аналогом таких ворсинок у LLDPE выступают маленькие разветвления. Что это дает? Это повышает предел прочности полимера. По состоянию на 2013 год, LLDPE было синтезировано на сумму 40 миллиардов долларов. Его используют для создания пластиковых пакетов, разных пленок, эластичных шлангов и геомембран. Геомембрана – изолирующий материал, применяющийся в строительстве для гидроизоляции.

**Полиэтилен средней плотности (MDPE, Medium-density polyethylene).** Используется для создания газовых труб и фитингов (соединительные элементы между трубами), упаковочной пленки и, пожалуй, самый знаменитый пример – крышечки от оливкового масла или лимонада буратино (в стеклянной бутылке).



Шланг из MDPE

**Полиэтилен высокой плотности (HDPE, High-density polyethylene).** Используется для производства устойчивых к коррозии труб, пластиковых бутылок, нити накала в 3D-принтерах, крышках для бутылок, баллистических пластин (щиты которыми пользуются спецотряды), топливных баков, обувной колодки (приспособление для поддержания формы обуви в процессе ее производства). Также используется в пластической хирургии и для создания так называемых корневых барьеров – подземных установок, которые позволяют антропогенным сооружениям не вредить растениям, и наоборот. Используется для создания материала «тайвек» – из него делают почтовые конверты, защитные комбинезоны и многое другое.



Антистатический химически-стойкий комбинезон из материала Тайвек

**Полиэтилен очень высокой молекулярной массы (UHMWPE, Ultra high molecular weight polyethylene).** Материал с относительной массой



от 3.5 до 7.5 миллионов единиц. Учитывая то, что один фрагмент обладает массой 28 единиц, это означает, что в каждой молекуле содержится от



Механические изделия из UHMW

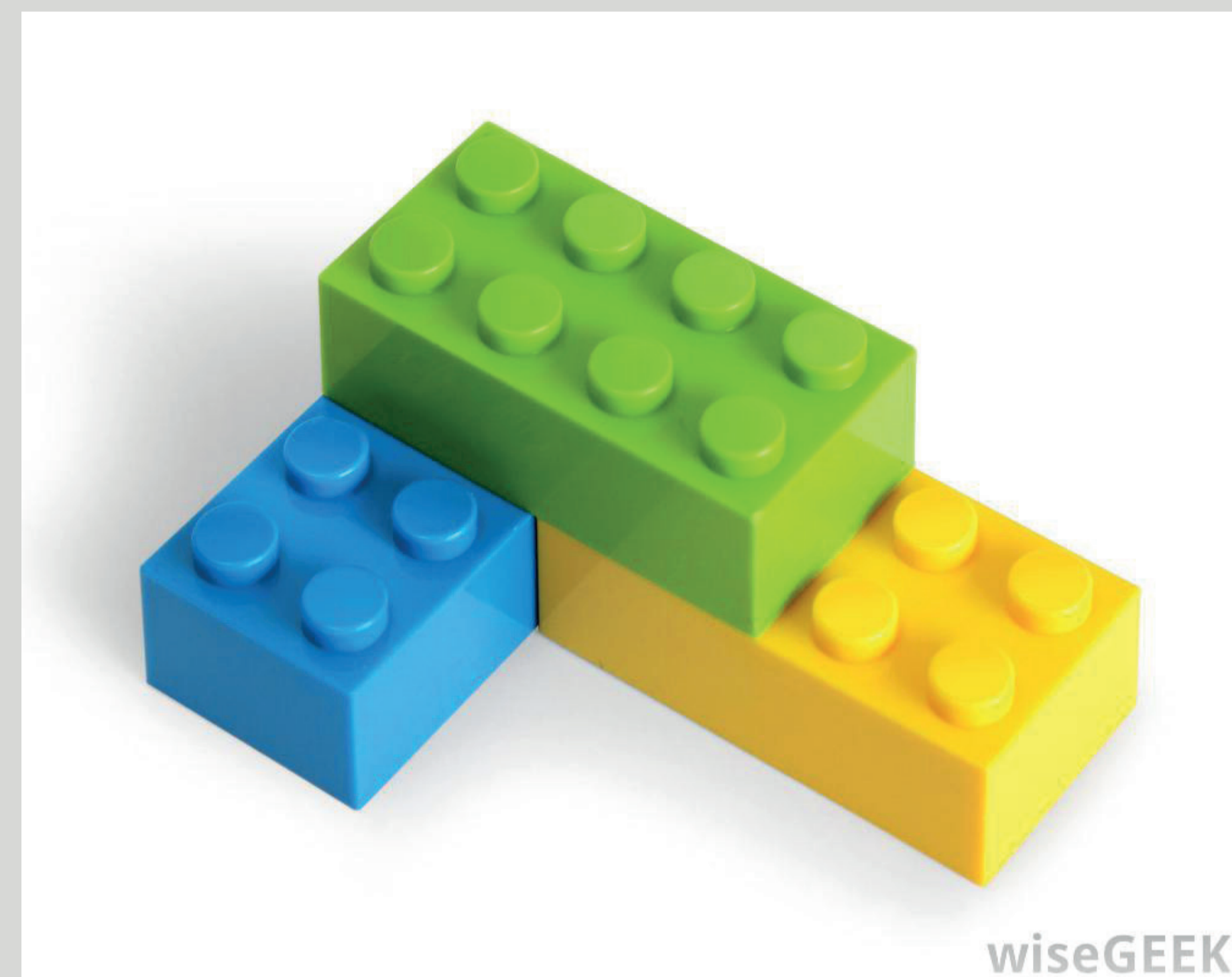
125000 до 260000 мономерных фрагментов. Благодаря этому, UHMWPE (также встречается под названиями UHMW, HMPE, HPPE) является полимером с самой высокой ударной прочностью из всех ныне известных термопластиков. Устойчивость к абразии (механическим повреждениям) может быть в 15 раз выше, чем у углеродной стали, а коэффициент трения гораздо ниже, чем у нейлона, и сравним с таковым у тефлона (при этом у тефлона меньшая устойчивость к абразии). О тефлоне и нейлоне поговорим чуть позже.

UHMW используется в ортопедических и спинных имплантах, баллистических защитах, медицине и военном секторе. Жесткость материала образуется благодаря очень длинным молекулам (с огромной площадью поверхности – соответственно с огромными силами притяжения между ними). В сравнении, жесткость кевлара (о нем мы тоже поговорим) образуется благодаря сильным связям между маленькими молекулами. Именно потому, что жесткость обусловлена межмолекулярными взаимодействиями, при температурах выше 100 градусов Цельсия жесткость значительно уменьшается. При температурах выше 130 градусов, материал плавится. Межмолекулярные взаимодействия относительно слабые (по сравнению с химическими связями), и очень быстро разрушаются при термальной обработке. Благодаря такой простой структуре (что может быть проще повторяющихся фрагментов углерода и двух атомов водорода?) полимер устойчив к воде, химикатам, УФ-излучению и микроорганизмам.

Вообще, стоит отметить, что связи C-C и C-H самые «ленивые» связи во всей органической химии – они не реагируют почти никогда. Именно такой инертностью (нежеланием реагировать) объясняется долгий период разложения полиэтилена, что порождает негодование со стороны экологов.

Есть еще несколько видов полиэтилена, но думаю вы уже уловили суть – полимеры, это нечто магическое. Сколько разных материалов мы рассмотрели, и при этом они все были из самого простого мономера из всех возможных – этилена. Всего лишь два атома углерода и четыре атома водорода.

Прежде чем продолжим, полимеры могут быть поделены в основном на четыре категории: термопластики, ткани, эластомеры и реактопласты.



LEGO делается из термопластиков

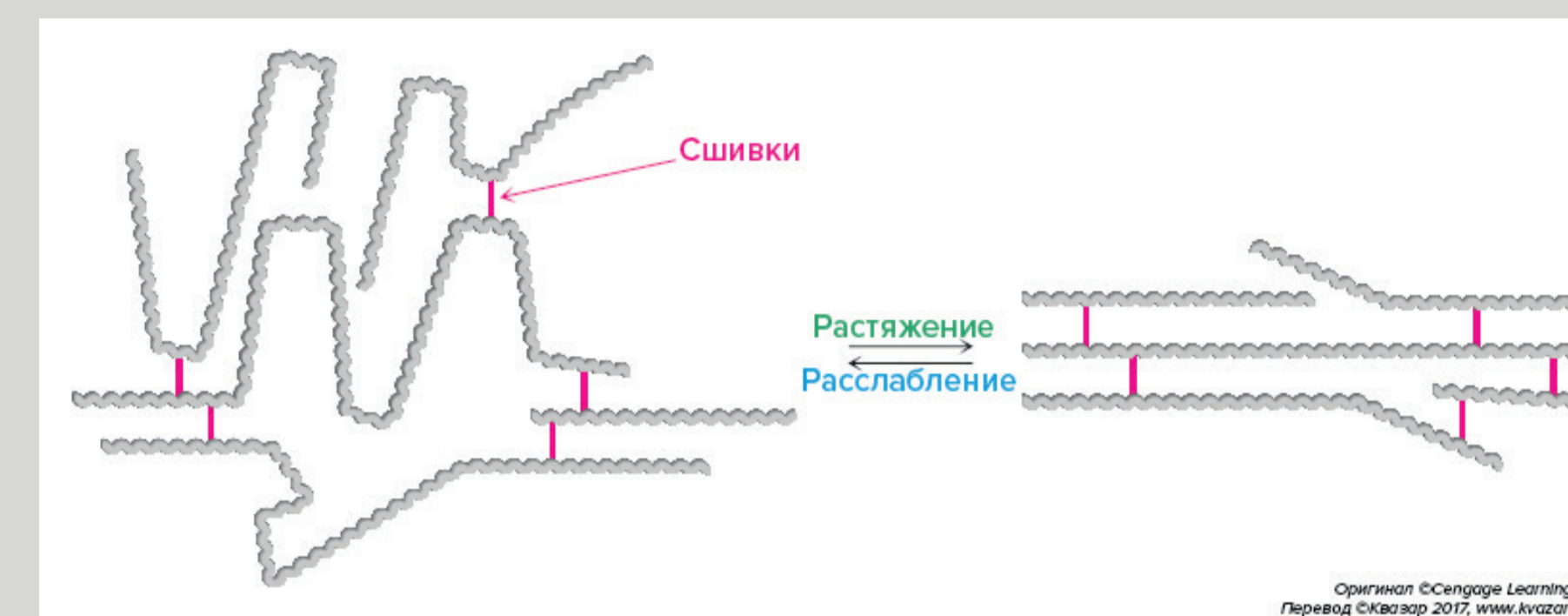
**Термопластики** – именно те полимеры, о которых большинство людей думает, когда слышит слово пластик. Иногда к ним добавляют пластифицирующие добавки – маленькие органические молекулы, которые выступают как смазочные материалы при добавлении к термопластикам. Такая добавка производится для того, чтобы термопластик не был слишком хрупким. Хороший пример – поливинилхлорид. Без добавок он хрупкий, а с пластифицирующей добавкой он становится податливым и гибким. Большинство капельных мешков в больницах, используемых для ввода растворов внутривенно, сделаны из поливинилхлорида. Они твердые при комнатной температуре, но становятся мягкими и эластичными при нагревании.

**Ткани** – тоненькие нитки, полученные пропусканием расплавленного полимера через очень маленькие отверстия в контейнерах с красителем. Далее нитки охлаждаются и осушаются, что позволяет молекулам полимера принять наибо-



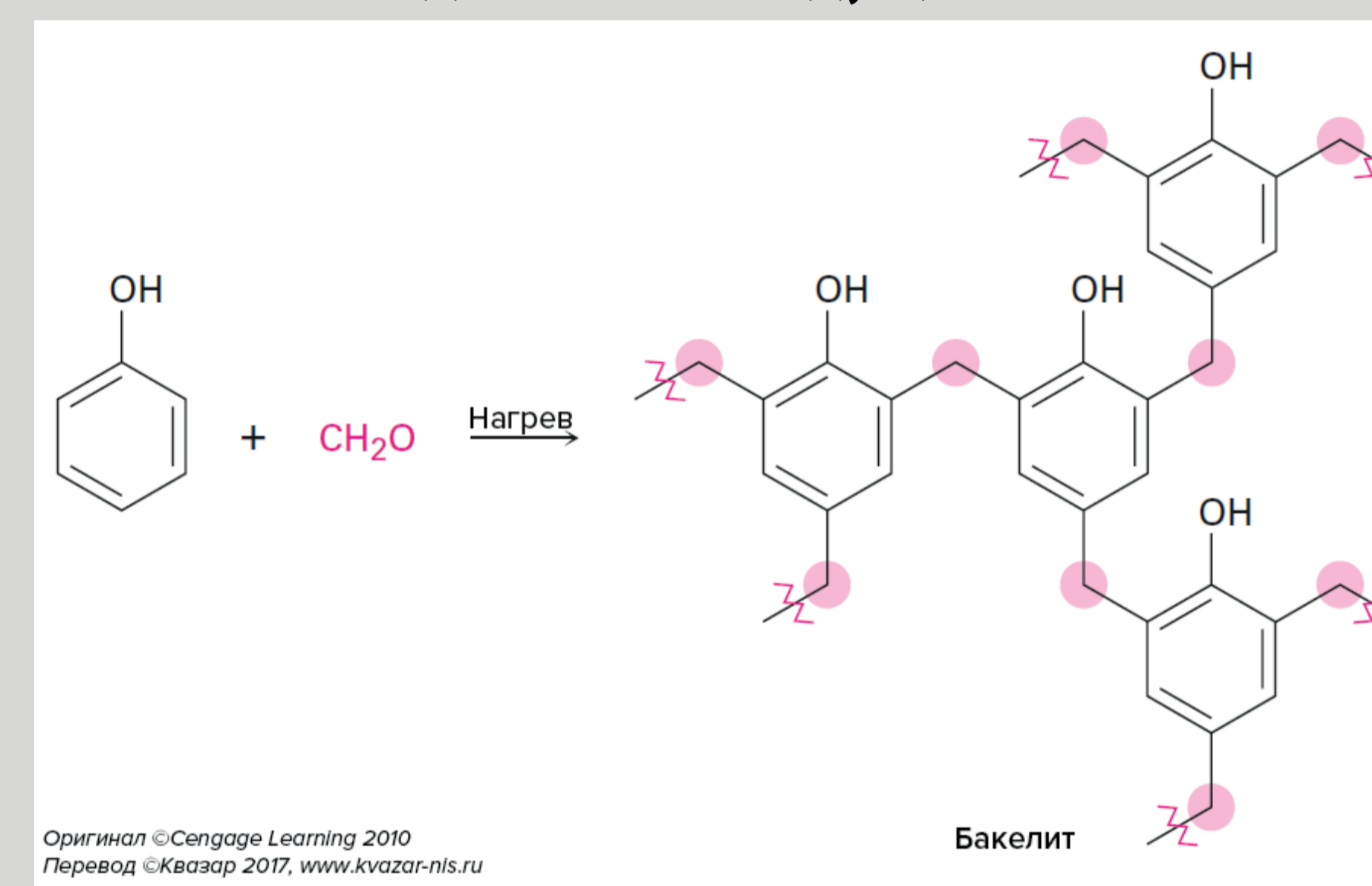
Сравнение термопластиков и тканей

лее выгодные позиции и материал станет еще более ударопрочным.



Эластомеры

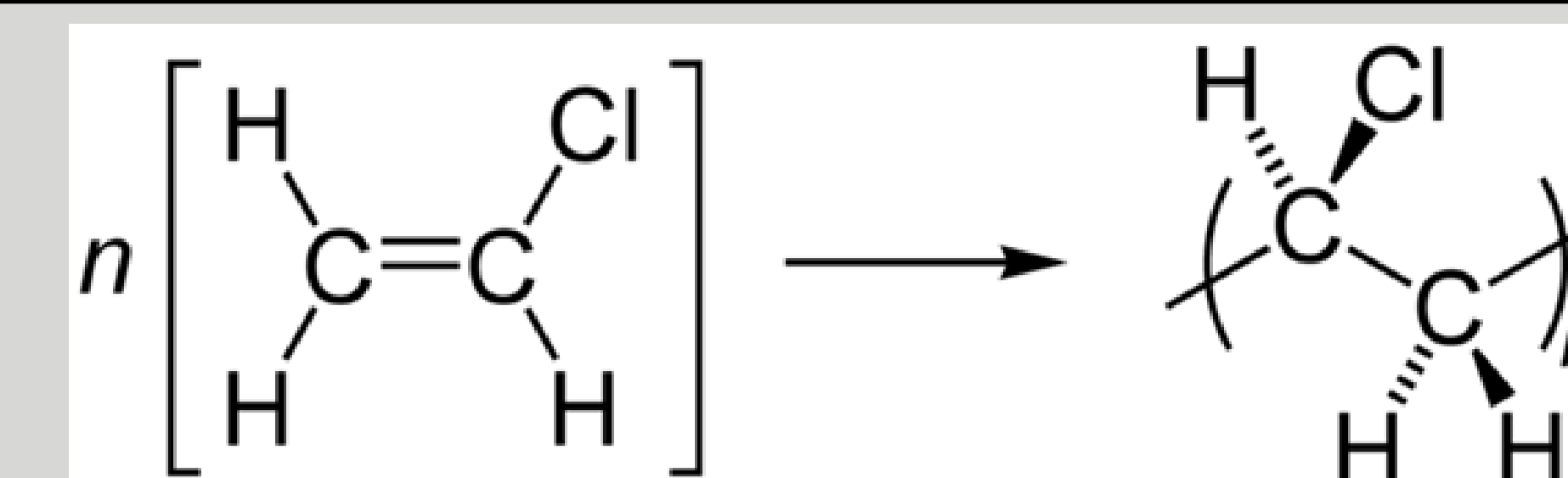
**Эластомеры** – аморфные полимеры, которые обладают способностью растягиваться и возвращаться к первоначальной форме. Когда материал растягивается, беспорядочно свернутые цепи молекул выпрямляются и ориентируются по направлению растяжения. В таком состоянии силы притяжения между молекулами гораздо слабей, и поэтому эластомер возвращается к первоначальной форме. Эластомеры характеризуются неправильной формой, что предотвращает цепи молекул от упорядочивания в правильную, линейную форму. С той же целью, у эластомеров не так много соединений между цепями.



Бакелит - один из реактопластов

**Реактопласты** – полимеры, у которых появляются сшивки при нагревании. Бакелит – реактопласт, впервые произведенный в 1907, который находится в коммерческом использовании дольше любого иного синтетического полимера. Он широко применяется при производстве клеев, покрытий, и даже конусов боеголовки. По существу, весь материал бакелита – это одна огромная молекула.

**Поливинилхлорид** (ПВХ, винил, вестолит, кор-



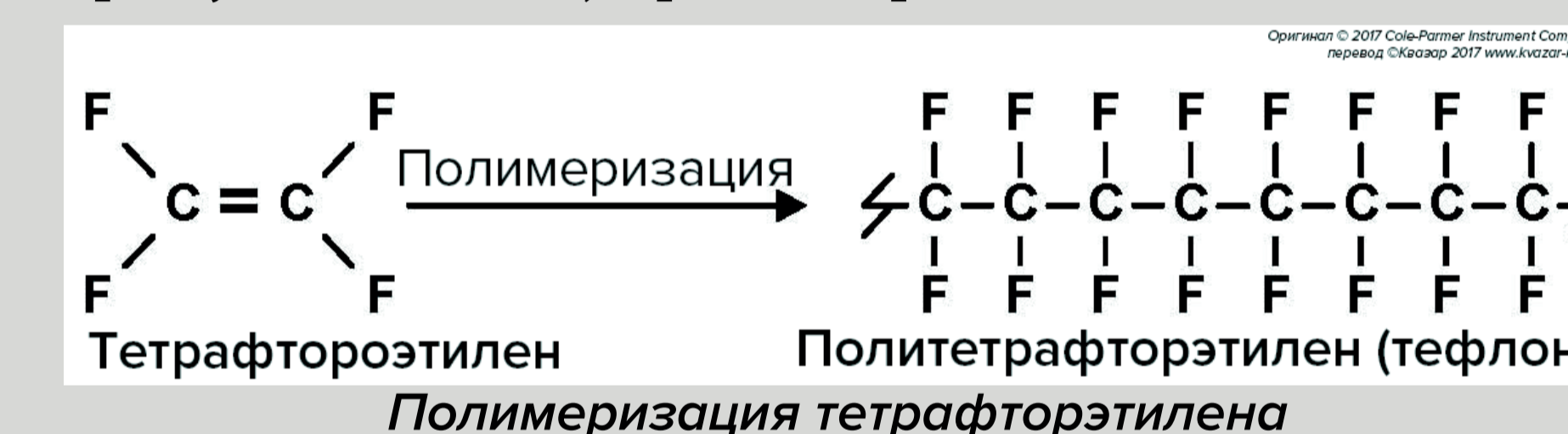
Полимеризация ПВХ

вик, сикрон) – бесцветный, прозрачный пластик. Применяется для электроизоляции проводов и кабелей, производства листов, труб, пленок, пленок для натяжных потолков, искусственной кожи, линолеума, мебельной кромки, виниловых грампластинок, профилей для изготовления окон и



Трубы из ПВХ

дверей. Широкое применение наблюдается и в пиротехнике, где присутствующий хлор позволяет создавать цветные огни. Используется для производства хлорированного поливинилхлорида, обладающего самыми высокими характеристиками огнестойкости и воспламенения (482 градуса Цельсия) среди термопластов.



**Политетрафторэтилен** – более известен как тефлон. Этот полимер, который знаком всем вам, благодаря его применению в производстве посуды с противопригарным покрытием. Вообще тефлон, это термопласт с высокой прочностью, которая сохраняется вплоть до -268 градусов Цельсия, а вплоть до -79 градусов Цельсия сохра-



Антипригарное покрытие из тефлона

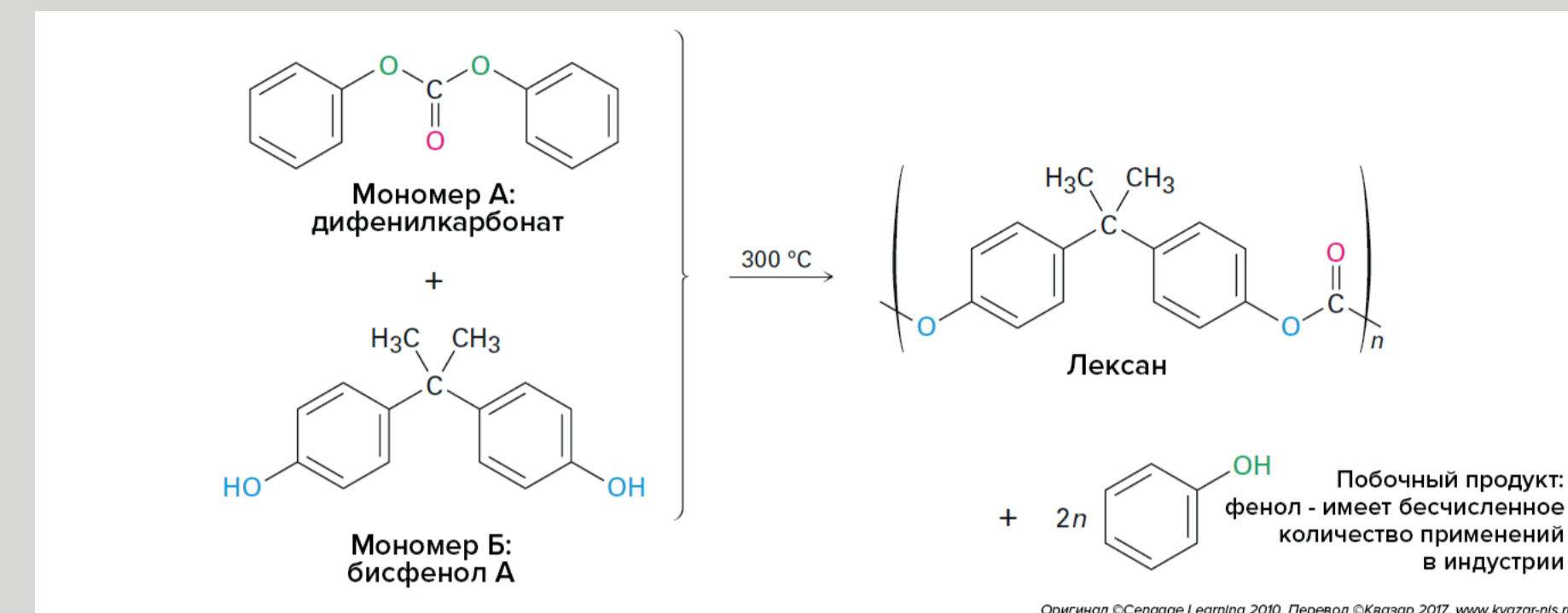




Около 60% всего произведенного нейлона 6 идет на производство чулок и колготок

ни (из них, например, делают автомобильные шины). Особенность материала (наличие NH и C=O групп) являются его же Ахиллесовой пятой. Стоит сказать, что соединение этих двух групп реакционноспособно и легко разрушается под действием кислот или щелочей. Если вы хотите почувствовать себя великим химиком – попробуйте растворить чулки в концентрированной уксусной кислоте (можете еще и нагреть). Вы будете наблюдать растворение материала. Кстати, существует версия, что слово нейлон произошло от названий городов Нью-Йорк и Лондон (NYLON = New York + LONDON).

**Поликарбонаты** – содержат фрагменты O-CO-O. Один из знаменитых представителей класса – лексан, который отличается исключительной износостойкостью. В связи с этим, очень часто используется для создания очковых линз для спортсменов и людей, ведущих активный образ жизни. Также применяется при изготовлении иллюминаторов самолетов, пуленепробиваемых стекол, бытовой электроники (iPod, HTC) и кузовов автомобилей.

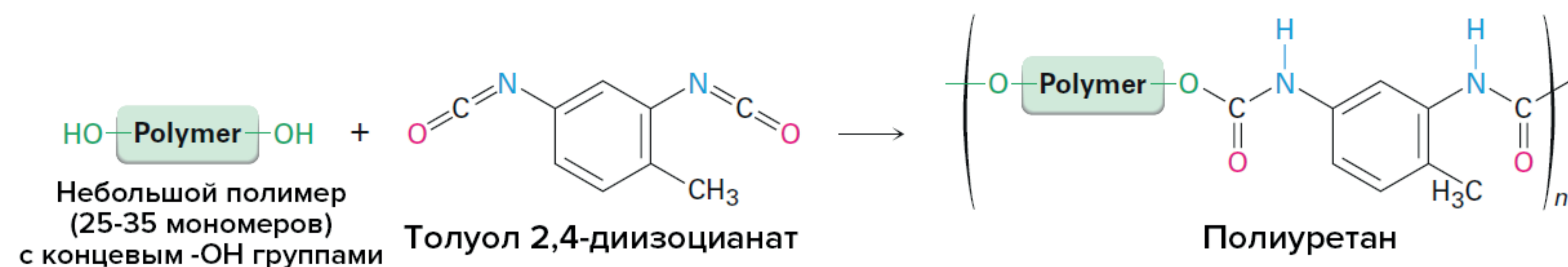


Представитель поликарбонатов - Лексан

**Полиуретаны** – содержат фрагменты O-CO-NH. Используются для изготовления самых разнообразных уплотнений, клеев, изоляторов, эластичной спортивной одежды. Благодаря высокой износостойкости изготавливаются подошвы обуви, спортивные шины и втулки (причем полиуретановая втулка более долговечна, чем металлическая). Если взять мономер полиуретана и добавить немного воды, то пойдет цепная реакция, из которой получится пенополиуретан (поролон), который широко используется для термо- и звукоизоляции. Материал «пенится» благодаря обильному выделению углекислого газа.

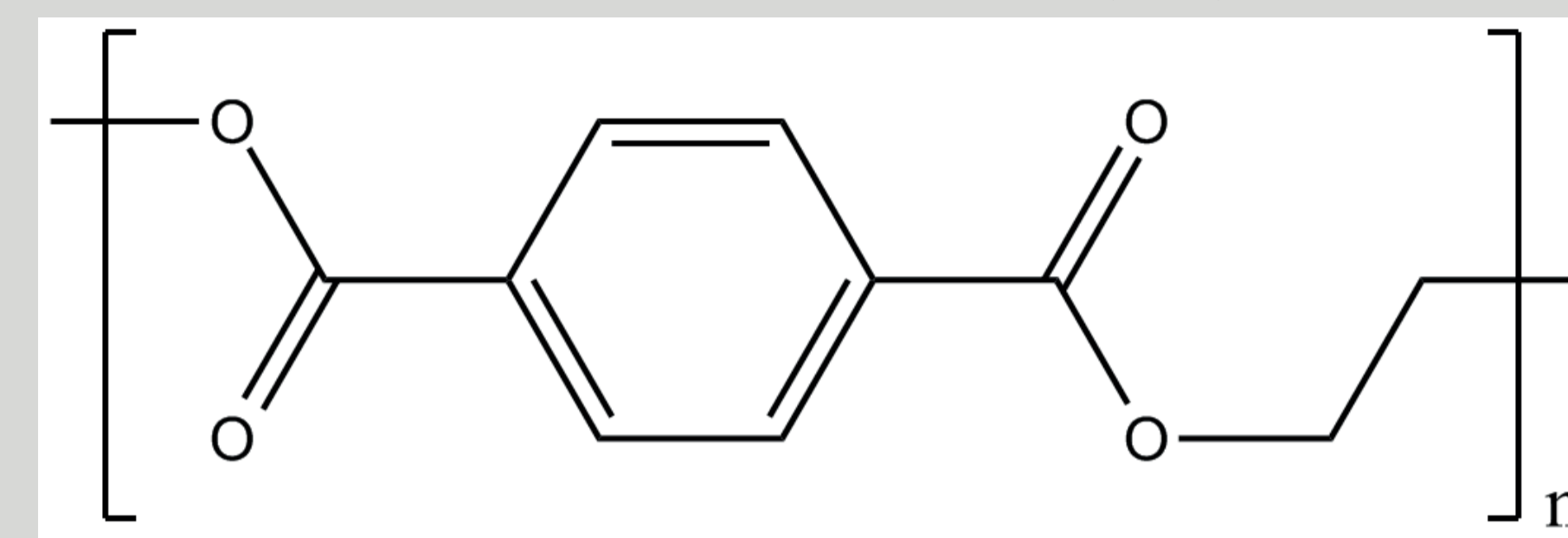
**Полиэтилентерефталат** – один из представителей полиэфиров. Из него получают пластиковые бутылки для напитков (ищите аббревиатуру PET – polyethylene terephthalate – на бутылке).

Еще один и, пожалуй, последний, интересный пример полимеров – супер клей, одна капля ко-



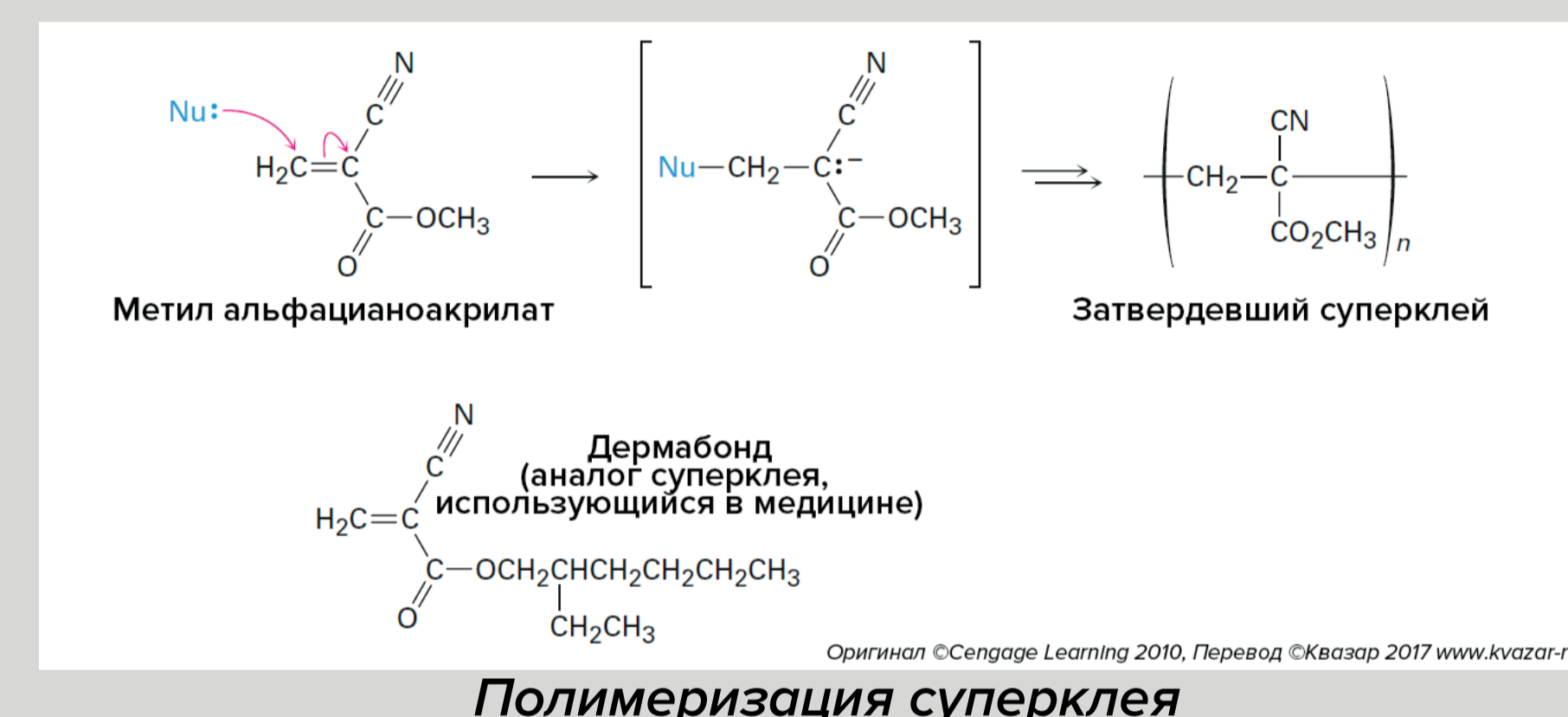
Общая формула полиуретана

торого способна выдержать нагрузку до 900 кг.



Общая формула полиэтилентерефталата

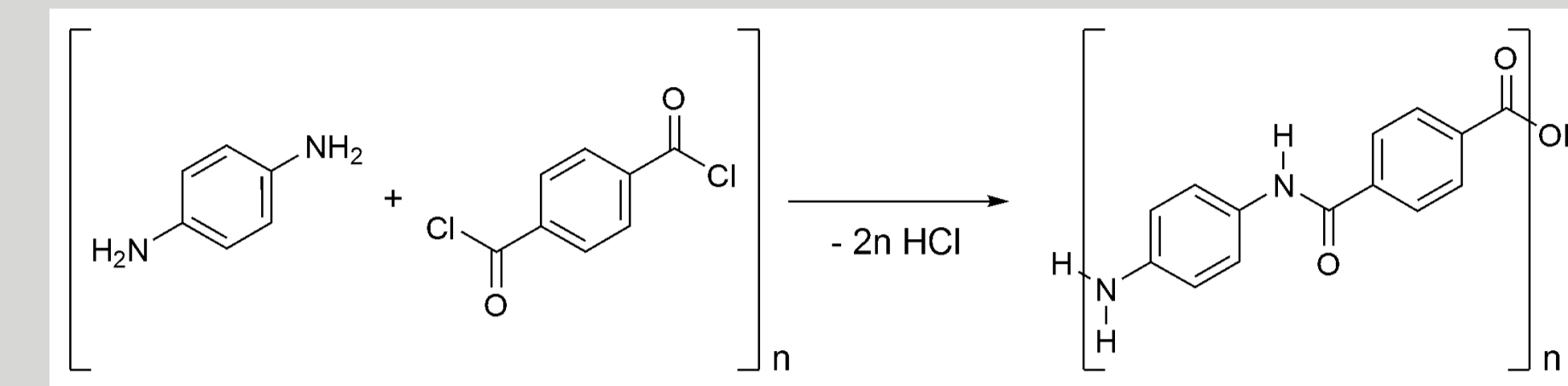
**Супер клей** – это раствор метил альфа-цианоакрилата. Благодаря некоторым особенностям структуры (а именно наличию CN и COOCH3 групп), полимеризация этого мономера начинается уже при наличии следовых количеств воды или основных элементов (ударение на второй



Полимеризация суперклея

слог, по сути это просто особые молекулы) на поверхности объекта. Наша кожа – хороший источник необходимых инициаторов полимеризации, поэтому некоторые люди обнаруживают свои пальцы слипшимися. Подобный материал (под названием Дермабонд) используется для сшивки ран в медицине.

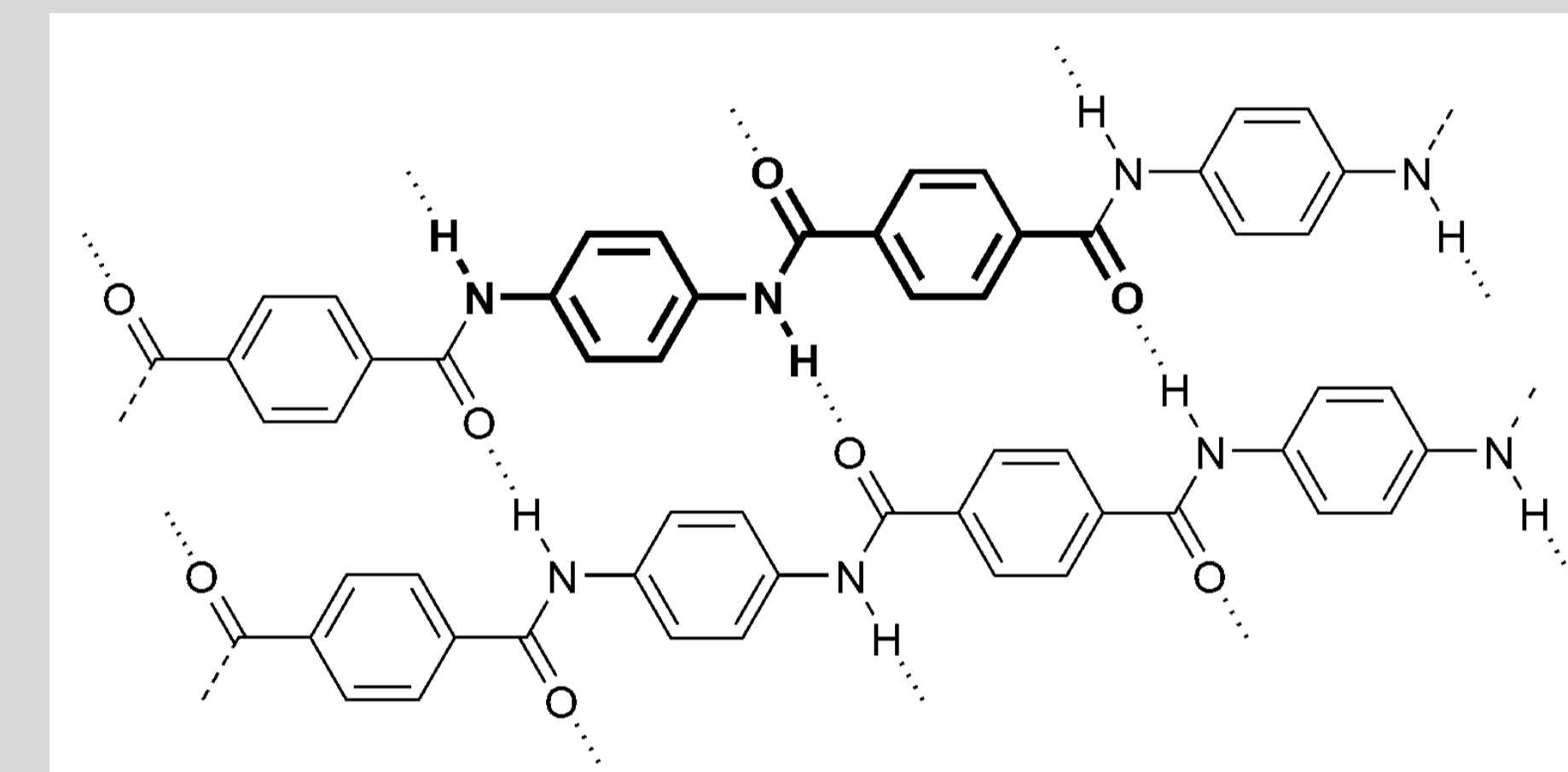
Кевлар (ткань пара-арамидного волокна). Обладает очень высоким пределом прочности, благодаря чему широко используется в военной сфере. Однако, первоначально Кевлар производился как замена стали в дисках гоночных машин, в том числе болидов формулы-1. Кевлар так же стал материалом для производства многих других материалов от велосипедных покрышек до бронжилетов и другой армейской защиты. По зна-



Синтез Кевлара

чению отношения предела прочности к массе, Кевлар превосходит сталь в 5 раз. Такое высокое значение можно объяснить наличием сильных ковалентных (обычные связи между атомами) и множеством межмолекулярных (а именно водородных) связей.

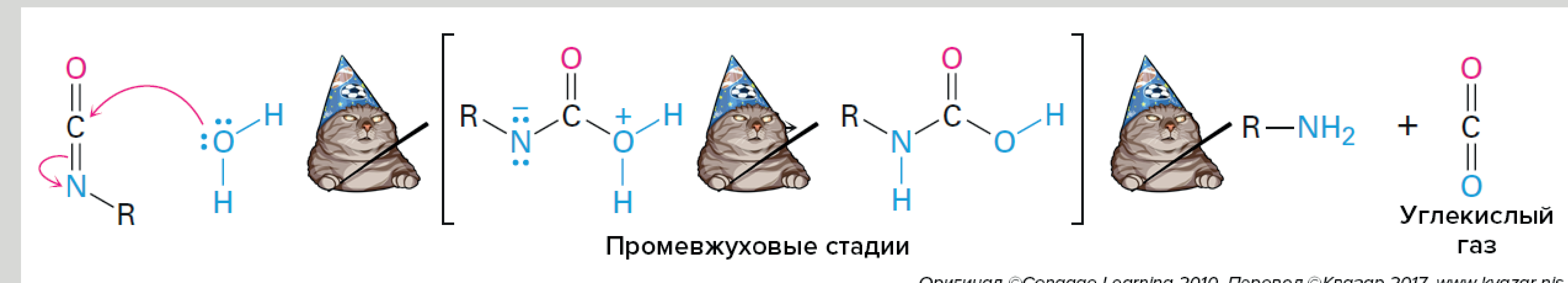
Заметьте, что благодаря наличию цикла (шестиугольника), на единицу площади приходится гораздо больше связей, чем если бы там были простые фрагменты CH2CH2. Несмотря на высокую физическую прочность, Кевлар сильно подвер-



Ковалентные связи показаны сплошными линиями, а водородные пунктирными.

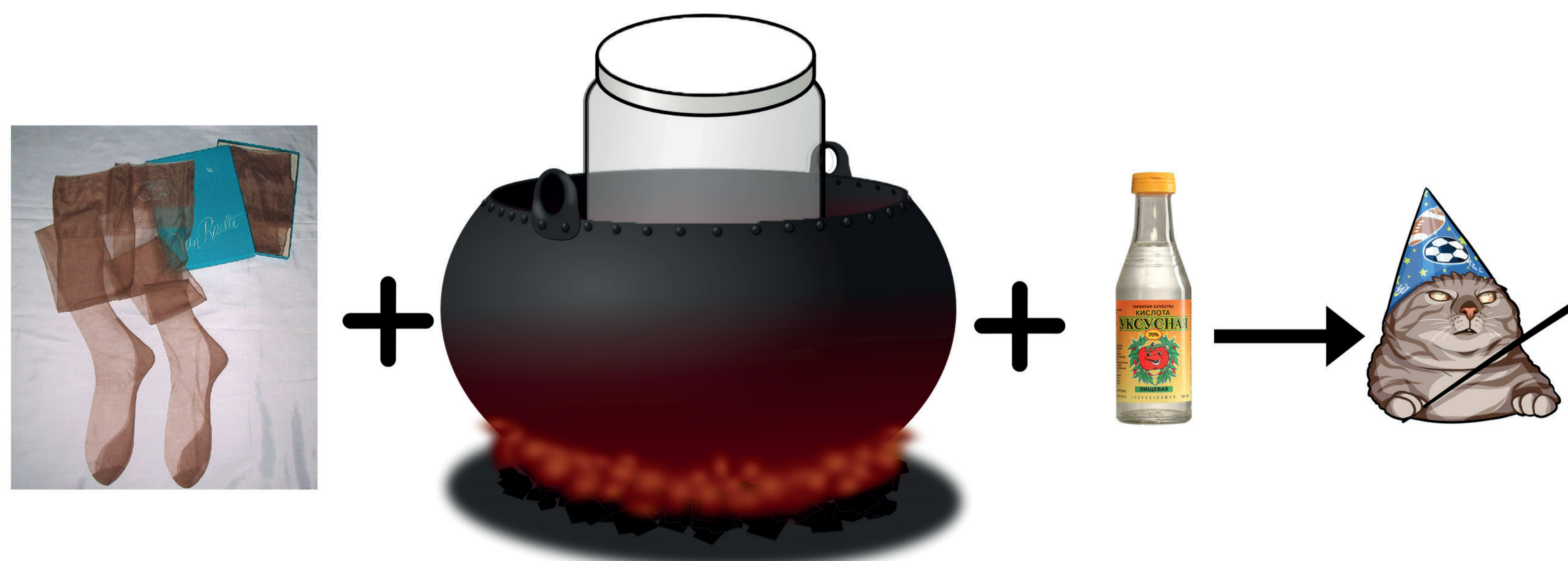
жен ультрафиолетовому излучению, под действием которого он разлагается. Именно поэтому, Кевларовые нити не используются в чистом, открытом виде.


Мы вернемся к теме полимеров в следующем выпуске. Тогда мы обсудим биологические полимеры - углеводы, белки и ДНК.



Как образуется пенополиуретан

## ЭКСПЕРИМЕНТ: «Я У МАМЫ ХИМИК»





«Световые столбы» над Волжским. 29.01.2017г.

Световые столбы (Солнечные столбы) - результат того, что в воздухе при морозной погоде (ниже  $-20...-30^{\circ}\text{C}$ ) формируется много мельчайших шестиугольных ледяных кристаллов с почти горизонтальными параллельными плоскими поверхностями, от поверхности которых отражается свет яркого источника (чаще уличный фонарь), часто находящегося вне поля зрения наблюдателя. Тогда, на небе появляется столб света, идущий вертикально вверх от источника света.

Взвешенные в воздухе кристаллы, представляющие из себя ледяные пластинки или стержни с шестиугольным сечением, стремятся занять горизонтальную позицию при падении, и вид светового столба зависит от их взаимного расположения. Обычно, такие кристаллы отражают только те источники света, которые находятся прямо под ними, что и создает вертикальный столб.

Автор фото: Роман Склеинов

Roman Skleynov  
photographer

# Дальше в прошлое: Тайна первой Галактики

Галактика NGC 7331 и другие, более маленькие, более далекие. Чем дальше мы смотрим, тем дальше мы погружаемся во времени в прошлое. Когда-нибудь, мы увидим временную точку, когда не было галактик вовсе.

*Примечание:* поскольку скорость света (то есть информации) ограничена, а вселенная расширяется, мы видим свет, который был излучен миллионы, миллиарды лет назад.

Когда мы думаем о галактиках сегодня, первое что приходит на ум это что-то на подобии Млечного пути – сотни миллиардов звезд, огромные спиральные

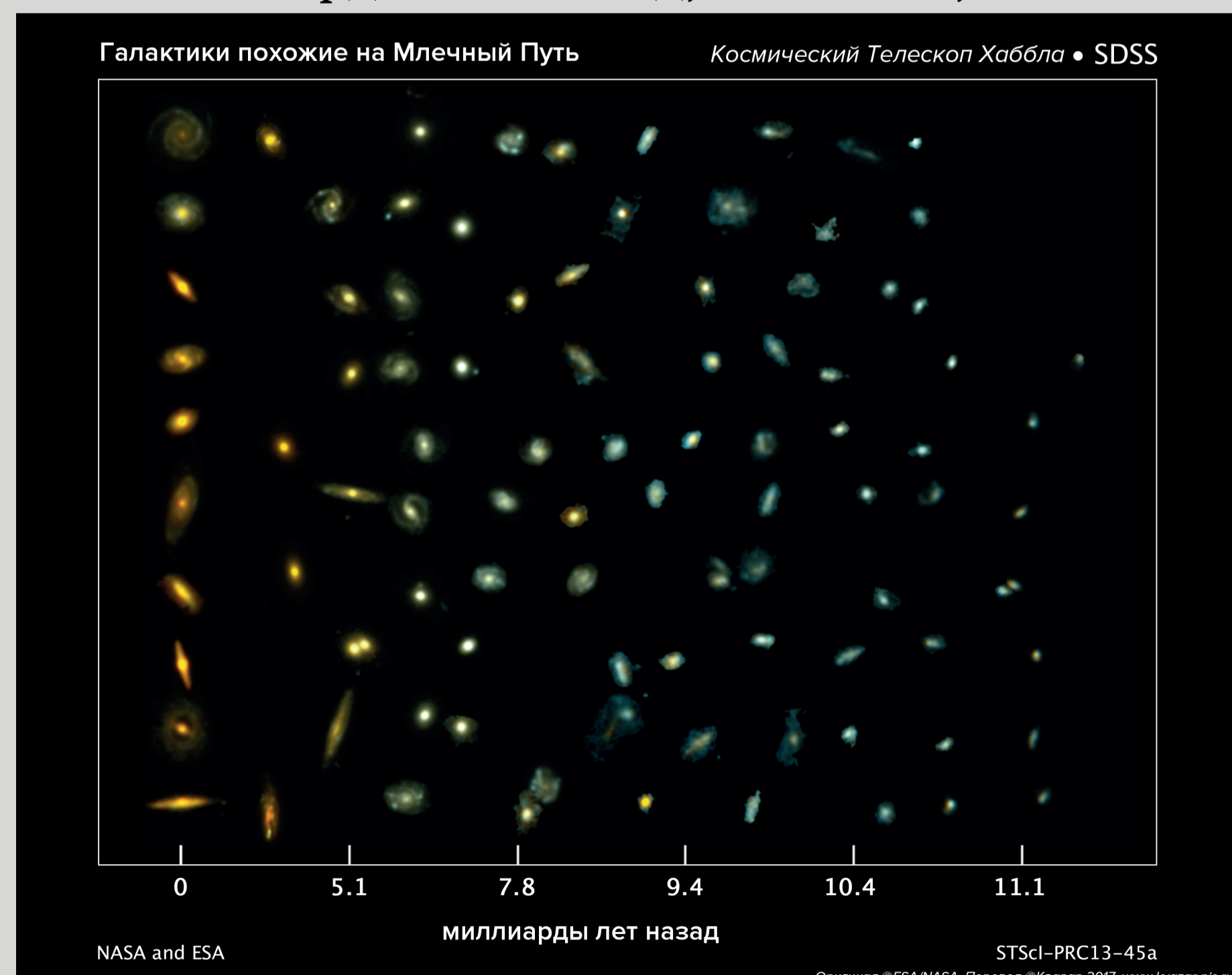


Галактика NGC 7331 и меньшие, более отдаленные галактики.  
Авторство фото: Адам Блок/Обсерватория Маунт-Леммон/Аризонский университет

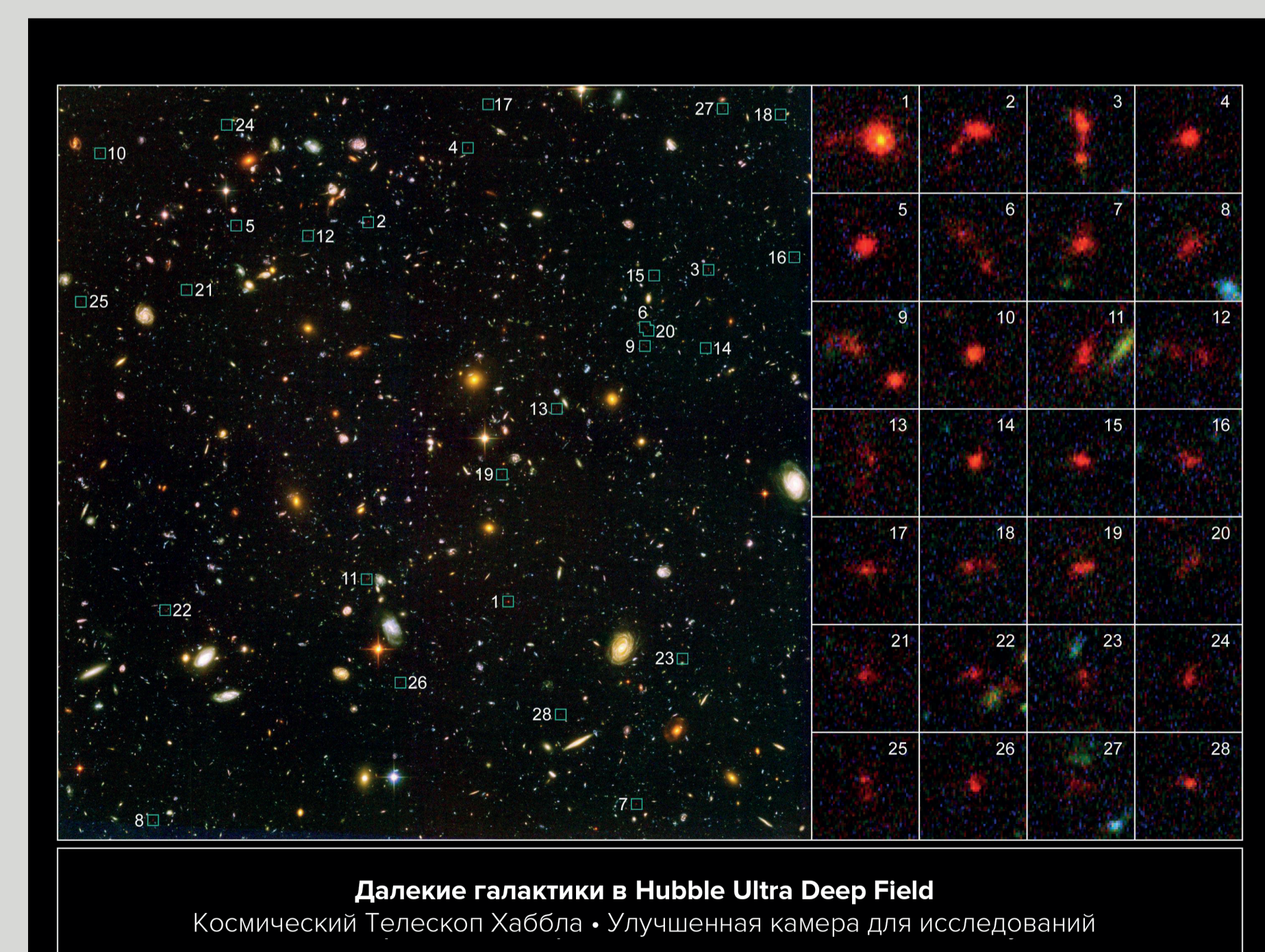
рукава, наполненные газом и звездной пылью, и готовые к образованию следующих поколений звезд. Такие массивные объекты с помощью чрезвычайно сильного гравитационного притяжения притягивают все, что находится поблизости. И конечно же, вы заметите такую галактику издали благодаря яркому свету, исходящему от нее, который свободно путешествует по Вселенной. Но поскольку Вселенная, какой мы ее знаем, зародилась с Большим Взрывом примерно 13.8 миллиардов лет назад, мы знаем, что галак-

тики не всегда были такими. В самом деле, если мы посмотрим достаточно далеко в прошлое, мы начнем замечать разницу.

Галактики в прошлом отличались от таковых сейчас. Если подробнее, чем дальше мы смотрим назад во времени, мы видим галактики, которые: моложе (что доказывается увеличением количества молодых звезд), синей (поскольку синие звезды умирают быстрее), меньше (поскольку галактики сливаются и притягивают материю



Галактики похожие на Млечный Путь в более молодой форме. Авторство фото: NASA, ESA, Peter van Dokkum (Йельский Университет), S. Patel (Лейденский университет), и команда 3D-HST.



Самые маленькие, тусклые, отдаленные галактики кажутся красными. Авторство фото: NASA, ESA, R. Bouwens and G. Illingworth (Калифорнийский университет в Санта-Крузе).

со временем) и меньше похожи на спирали (поскольку мы видим только самые яркие части звездообразующих галактик).

Несмотря на то, что галактики, которые мы видим на самом деле синей, в оптическом телескопе, они будут красней. Поскольку Вселенная расширяется, свет от дальних галактик (пусть даже излучается очень синим или может даже в ультрафиолетовой области) растягивается на своем пути через пространство-время. Когда длина волны света увеличивается, он становится красней, несет меньше энергии, и его трудней заметить. Тем не менее, по мере того, как мы строим телескопы (особенно в космосе), способные делать фотоснимки в инфракрасной части спектра, мы узнаем больше информации об этих галактиках. Наилучшая информация приходит от совместной работы телескопов Хаббла и Спитцера, которые рассказывают нам об истории Вселенной. Чем дальше мы смотрим во времени, мы замечаем, что звезды в молодых галактиках образовывались быстрее, чем сейчас. Мы можем измерить эту скорость и заметить, что она возрастает по мере продвижения назад в прошлое до определенного момента, когда вселенной было всего лишь 2 миллиарда лет. Именно в тот момент времени скорость достигает пика, дальше она снова убывает.

*Примечание:* Hubble Ultra Deep Field - изображение небольшого региона космоса, составленное из данных, полученных Хабблом с 24.09.2003 по 16.01.2004. Выдержка почти миллион секунд (11,3 суток).

Мы знаем, что Вселенная должна была появиться

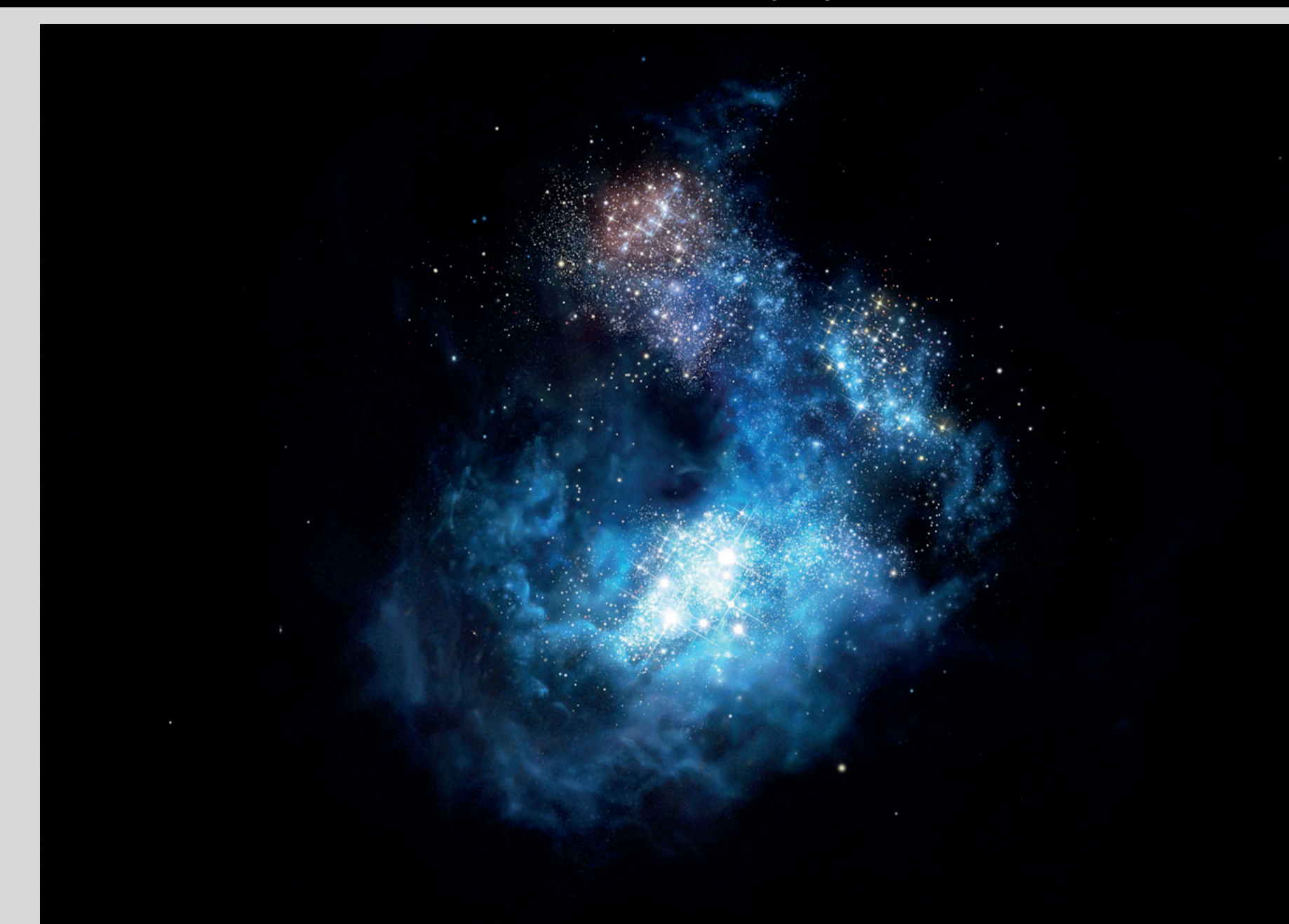
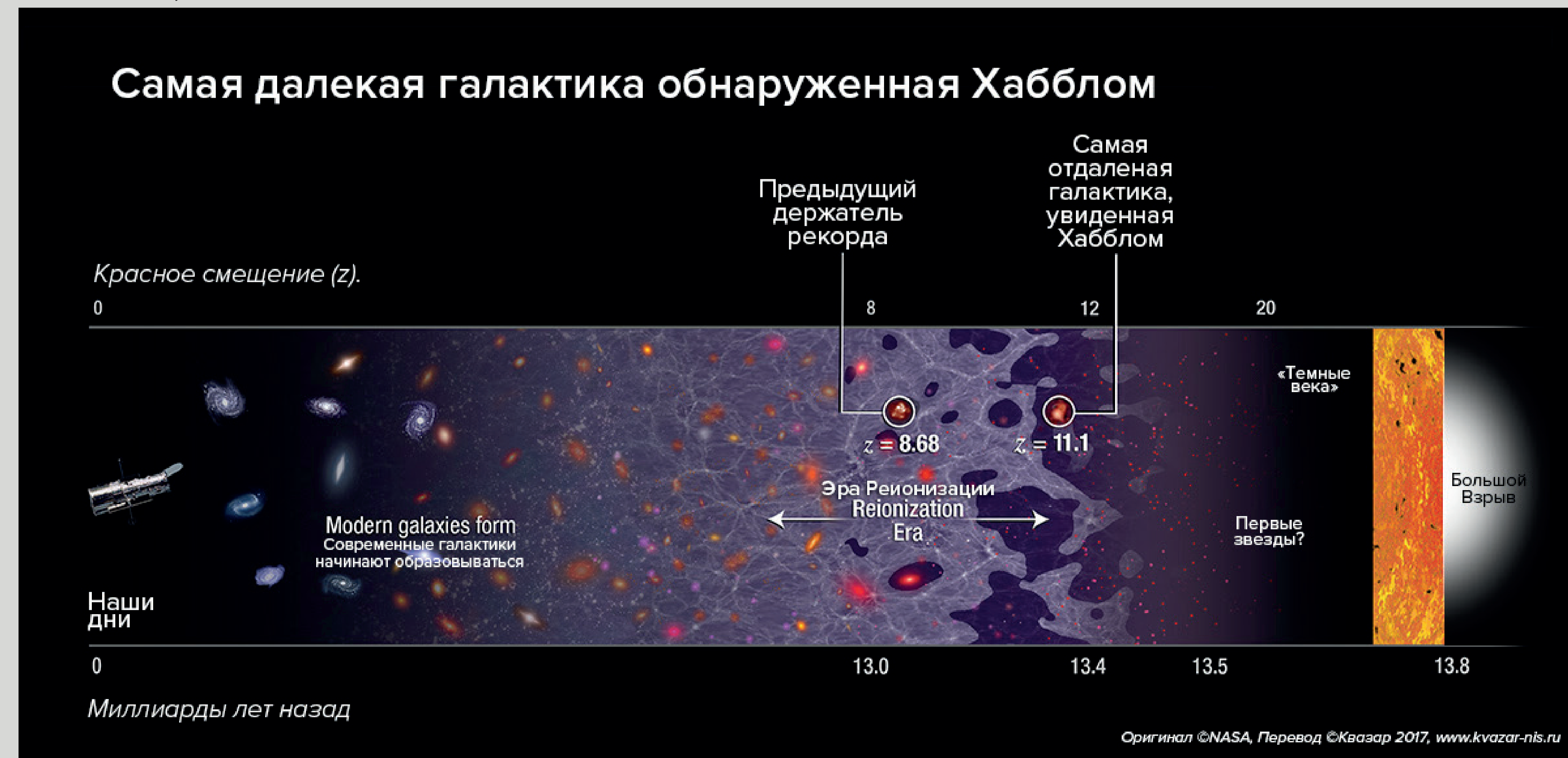
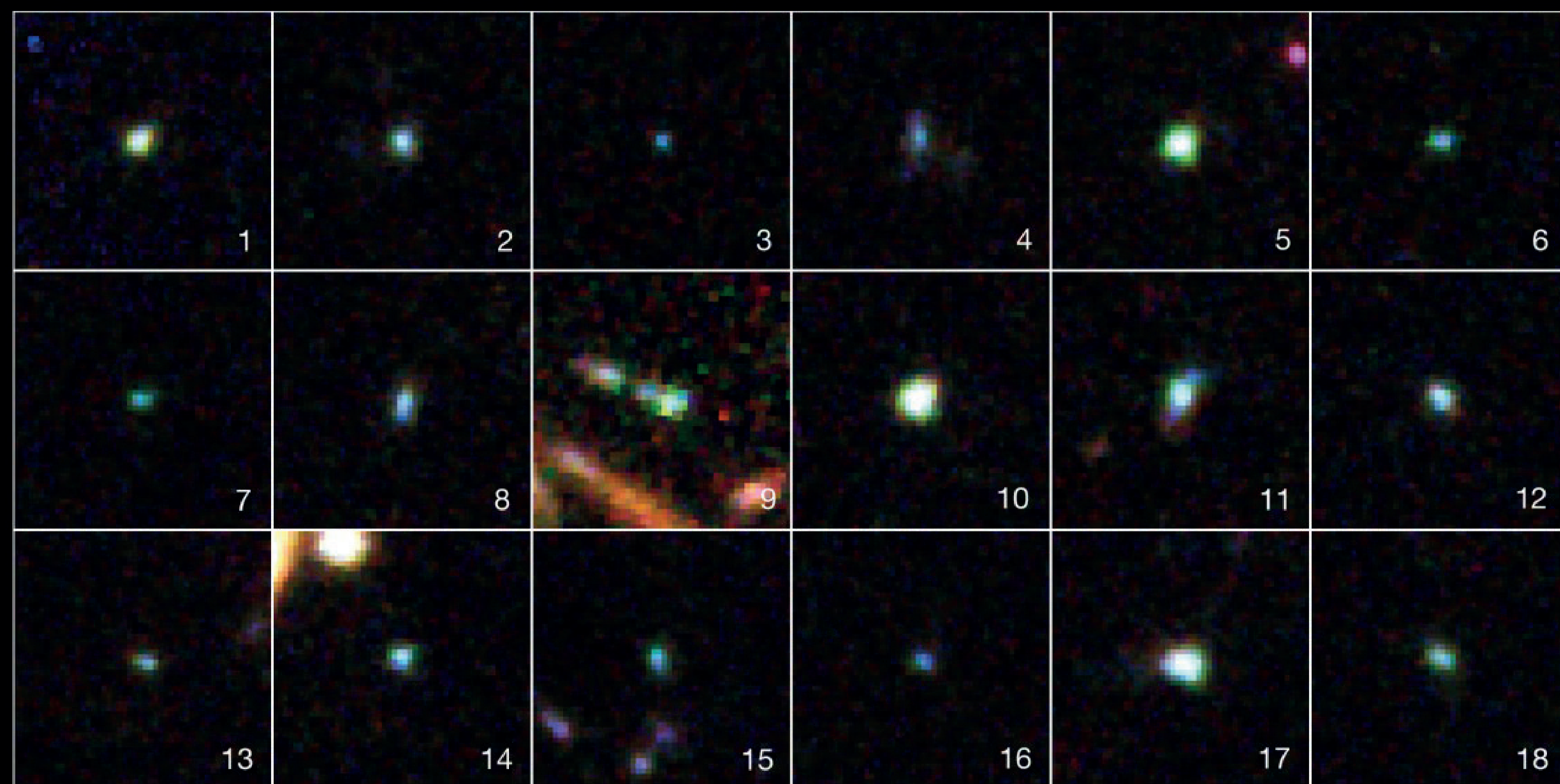
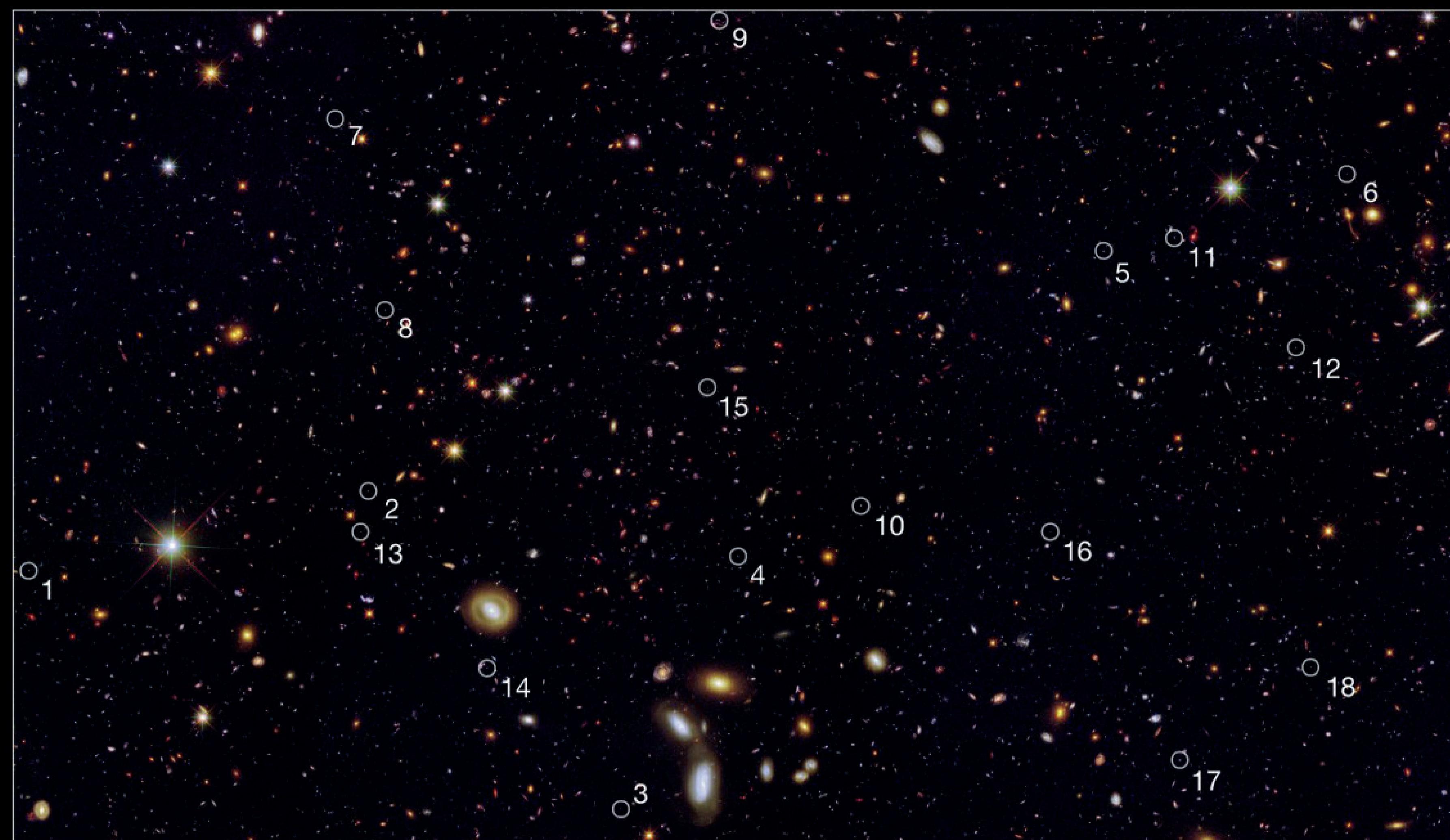


Иллюстрация CR7, первой обнаруженной галактики, в которой находятся звезды третьего населения - самые первые звезды во Вселенной. Авторство фото: ESO/M. Kornmesser

- Во Вселенной моложе 2 миллиардов лет, скорость образования звезд стремительно падает
- Во Вселенной моложе 600 миллионов лет, скорость образования звезд падает еще быстрее. Во Вселенной действительно много чего произошло на протяжении этих нескольких критических сотен миллионов лет.
- Самая молодая галактика, которую мы когда-либо видели – Gz-11. Ее излучение приходит от времен, когда Вселенной было 400 миллионов лет. Однако, были звезды и галактика раньше этого.
- Мы точно можем сказать, что, когда Вселенной было 380 000 лет не было ни галактик, ни звезд.



Самая отдаленная галактика обнаруженная Хабблом, появилась когда Вселенной было всего 407 миллионов лет. Авторство фото: NASA, ESA, и A. Feild (STScI)



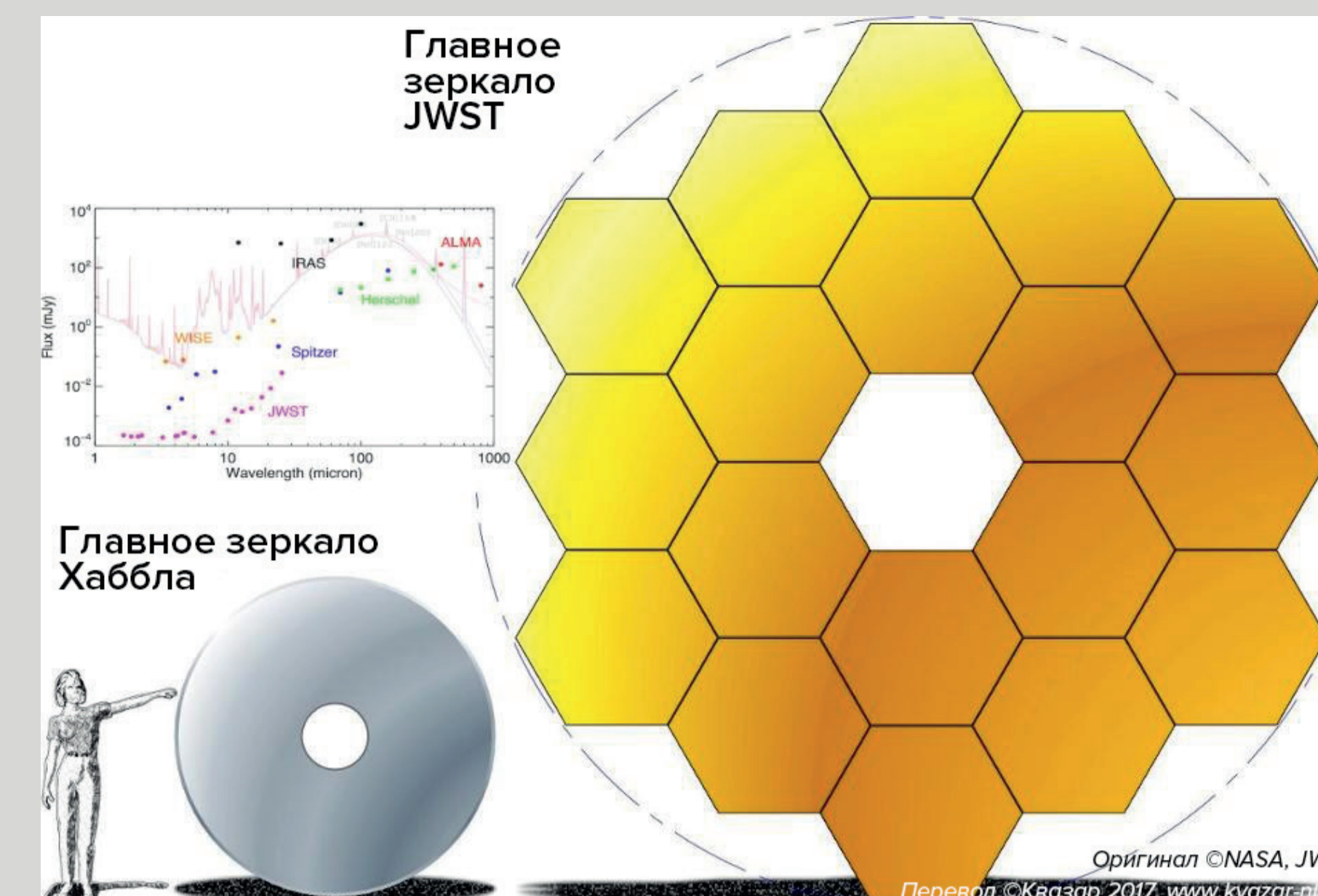
В этом сверхдальном обзоре GOODS-South находится 18 галактик, образующих звезды так быстро, что количество звезд внутри них удваивается всего за 10 миллионов лет - всего 0.1% от возраста Вселенной.  
Авторство фото: NASA, ESA, A. van der Wel (Институт Астрономии Макса Планка), H. Ferguson and A. Koekemoer (Институт исследований космоса с помощью космического телескопа), и команда CANDELS.

Это была отправная точка, когда появились первые нейтральные атомы.

Но существует интересная головоломка со Вселенной, впервые заполненной нейтральными атомами – эти атомы поглощают видимый свет. Это означает, что вселенная не была «прозрачной», как сейчас. Мы не можем увидеть свет первых звезд так же, как мы видим свет от звезд сейчас. Вместо этого нам нужно сделать две вещи: 1. Нам нужно искать сигналы реионизации, ко-

торые появились, когда ультрафиолетовое излучение от первых звезд и галактик выбивало электроны из этих нейтральных атомов, делая Вселенную прозрачной для света. Примечание: под действием электромагнитного излучения, электроны получают энергию, и тем самым возбуждаются. Если энергии достаточно, они могут преодолеть притяжение ядра и покинуть атом.

2. Нам нужно искать в более длинноволновой части спектра, поскольку такое излучение обла-



Сравнение размеров главных зеркал Хаббла и Джеймса Уэбба, а так же чувствительности Уэбба по сравнению с другими обсерваториями. Авторство фото: NASA / JWST дает меньшей энергией недостаточной для возбуждения электронов.

Если мы сможем сделать эти наблюдения, мы узнаем не только, как первые звезды и галактики образовались, но и как Вселенная собралась в такое гигантское скопление галактик и скоплений, которые мы видим сегодня.

Информация, собранная нами с помощью телескопов, очень точно совпадает с теоретическими измерениями, сделанными на тему времени реионизации. Она начинается, когда Вселенной 400-450 миллионов лет, ускоряется, когда Вселенной 600-650 миллионов лет и заканчивается ко времени, когда Вселенной 900-950 миллионов лет.

Самый главный урок из всего этого заключается в том, что галактики (в частности новые звездообразующие галактики) – это компоненты Вселенной ответственные за реионизацию. Нас ждет два удивительных прорыва в предстоящей декаде, которые позволят нам понять эти ранние стадии образования галактик и звезд раз и навсегда – Космический Телескоп Джеймса Уэбба и WFIRST.

Посредством заглядывания дальше в инфракрасном регионе, Джеймс Уэбб сможет увидеть галактики вплоть до времени, когда Вселенной было всего 250 миллионов лет. Такая информация скорее всего будет включать первое обнаружение древних звезд и маленьких галактик, являющиеся всего лишь небольшими скоплениями молодых звезд. Такой телескоп должен доказать, что это галактики (а не звезды) ответственны за реионизацию Вселенной.

Примечание: как вы заметили, очень много внимания уделяется проблеме реионизации Вселенной. Реионизация – процесс повторного образо-

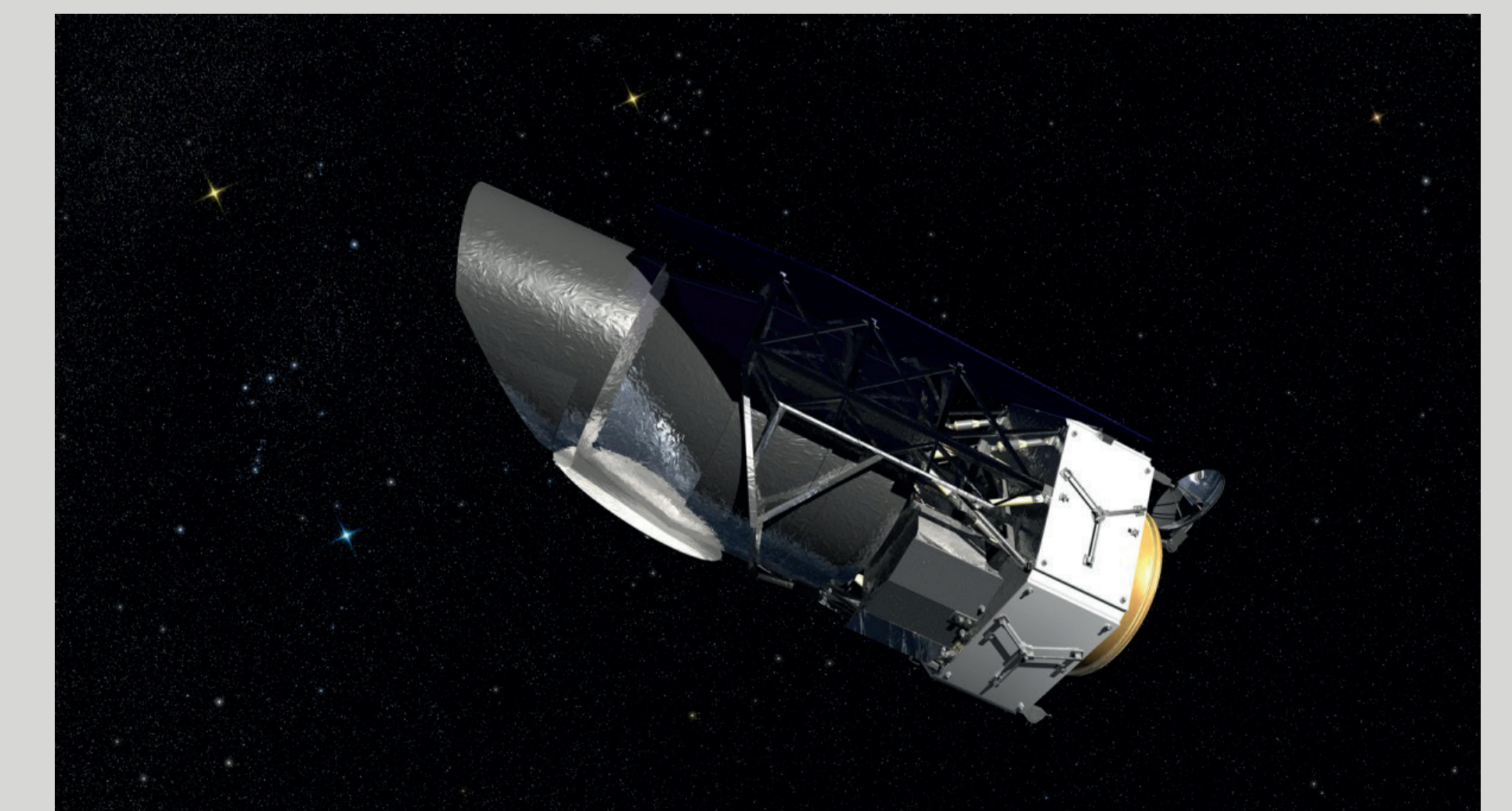
вания ионов (заряженных частиц). Большинство частиц во Вселенной сейчас (в космическом пространстве) – это ионы. Однако, в ранней Вселенной, по мере охлаждения, кварки должны были объединяться в протоны и нейтроны, те объединяться в ядра, а последние объединяться с электронами в нейтральные атомы. Как и почему эти атомы стали ионами – пока остается загадкой. Но если галактики образовались еще раньше,



Концептуальное изображение космического телескопа Джеймса Уэбба. Строительство уже подходит к концу, запуск запланирован на Октябрь 2018. Авторство фото: Science Magazine

чем сможет увидеть Джеймс Уэбб, нам останется лишь делать догадки о действительно первых источниках света. Второй прорыв придет с WFIRST, преемник Хаббла от NASA, который запустят в 2024. WFIRST также сможет смотреть в инфракрасном спектре, при этом его область захвата будет в 100 раз больше, чем у Хаббла. Благодаря WFIRST, мы должны будем суметь изучить образование звезд и реионизацию во всей Вселенной. Таким образом, мы сейчас на этапе, когда изучаем, как Вселенная прошла путь от отсутствия звезд и галактик к самым первым небесным телам и превратилась в богатую, красивую, но огромную Вселенную, которую мы знаем сейчас.

(Переведено с разрешения автора статьи - Ethan Siegel  
Оригинал от 9 февраля 2017, Forbes Magazine)



Концептуальное изображение спутника WFIRST, запуск которого запланирован на 2024 год. WFIRST предоставит нам самые точные измерения темной энергии из когда либо сделанных, вместе с другими интересными находками. Авторство фото: NASA/GSFC/Conceptual Image Lab.

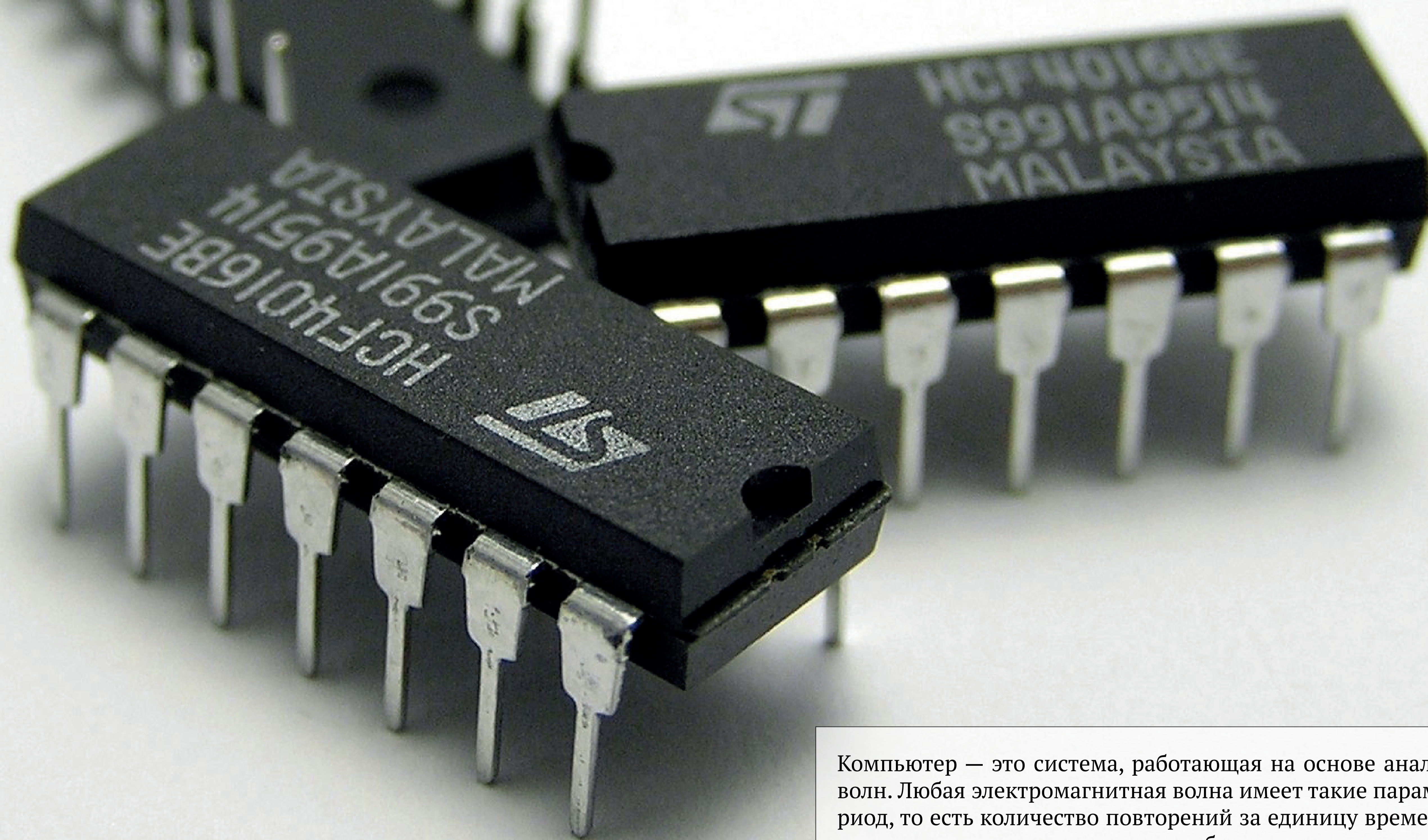


«Световые столбы» над Волжским. 29.01.2017г.  
Полярная ось и вращение звезд (над Волгоградскими полями).  
Фото - результат сложения 100 снимков, с суммарной выдержкой 45 минут.  
Поля освещены луной, поэтому такая прорисовка, смаз травы из-за ветра.  
Автор фото: Роман Склейнов

by Skleynov R



# Вслед за волной: Путешествие по памяти компьютера



Компьютер — это система, работающая на основе анализа электромагнитных волн. Любая электромагнитная волна имеет такие параметры как частота и период, то есть количество повторений за единицу времени и, время за которое, волна совершает одно полное колебание.

Волна, как правило, создается с помощью жестких дисков (винчестеров). Жесткий диск по своему устройству сильно напоминает граммофон. Тот же принцип, игла движется по канаве, создавая волну с нужным периодом и частотой. Однако в случае с винчестерами, принцип записи и чтения немного иной. В винчестерах диск представляет собой круглую пластину с ферро-магнитным напылением с



Круглая пластина с ферронапылением и считывающая игла. Строение винчестера

множеством дорожек. Считывающая игла является электромагнитом, который изменяя форму напыления, создает каналы или же дорожки памяти, по которым и происходит считывание. Существуют 2 состояния поверхности диска «1» и «0», которые в совокупности являются двоичным кодом. Скорость передачи и приема данных зависит от скорости вращения диска.

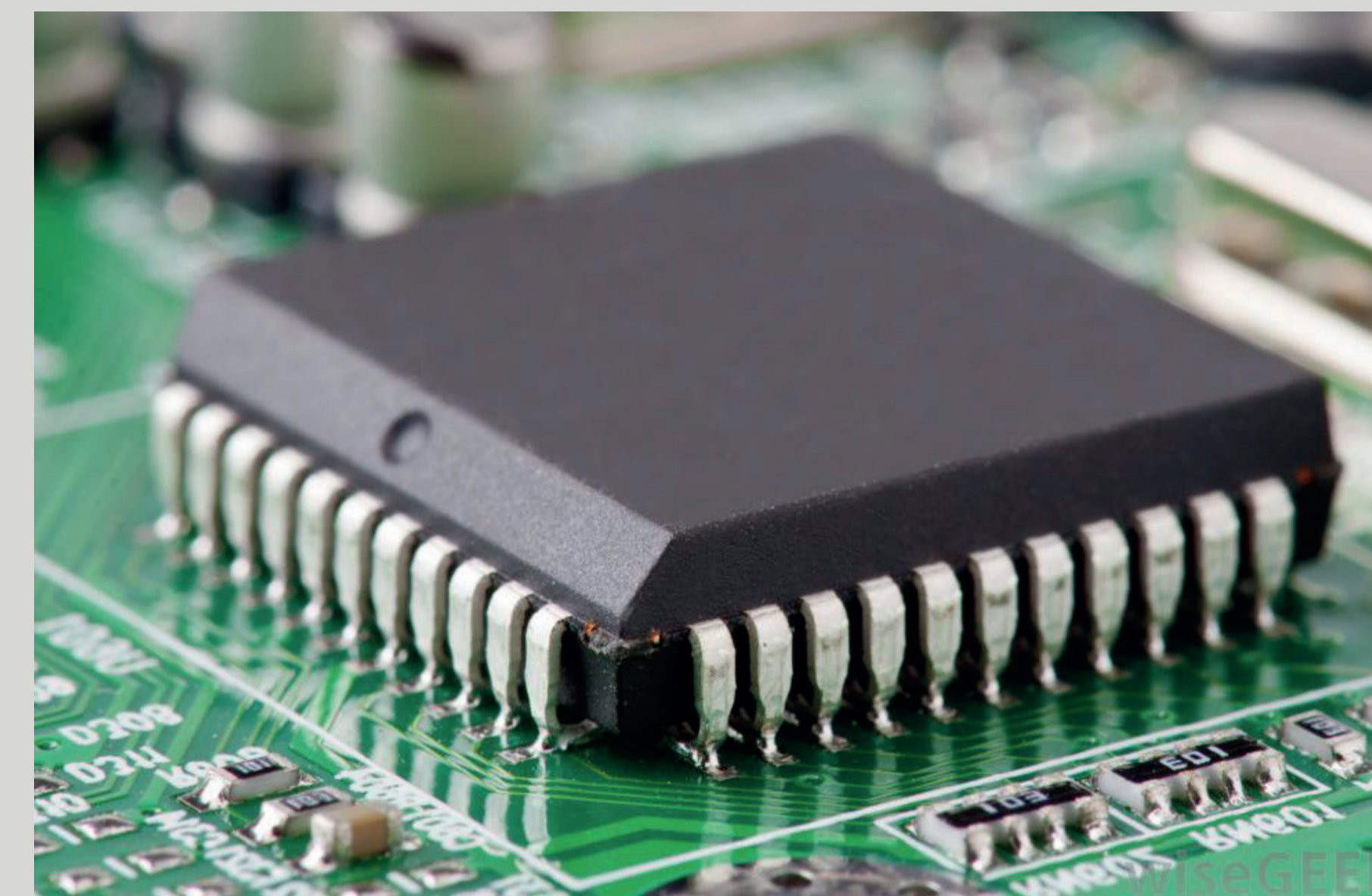
Помимо жестких дисков в последнее время широко используются твердотельные накопители. Они способны обеспечить более высокую скорость чтения и записи, а также не имеют механических частей. Поэтому, данный тип памяти более выгоден. Основой служащей хранилищем данных является чип на транзисторно-конденсаторной архитектуре. Самая малая ячейка хранения данных – транзистор с плавающим затвором, фактически удерживающий заряд. Аналогия проста – транзистор клетка, а затвор, управляемый иным током, является дверью. С помощью данного принципа построены такие типы памяти, как NAND и NOR. NOR, двумерный массив проводников фактически является решеткой из упорядоченных транзисторов. NAND теоретически представляет из себя, то же самое но в этом случае массив трехмерный. А названы они так из-за типа операций, которые они выполняют NOR- Not OR «НЕ-ИЛИ», NAND - «not and» «И-НЕ». Существенный недостаток данной памяти - ограниченное количество циклов перезаписи. Это связано с воздействием большого тока на плавающий затвор, что приводит к постепенному изнашиванию его. Ну и, конечно, возможная

потеря данных с течением большого промежутка времени. Это происходит из-за природы рядов. Со временем они заземляются, то есть исчезают.

Далее волна отправляется в центральный процессор – своеобразный анализатор компьютера. Для обеспечения корректного анализа и верной работы компьютера производители микропроцессоров используют различные архитектуры, например: Haswell и Skylake от Intel. Основой данных архитектур являются транзисторы - это устройства для изменения состояния волны. Фактически, транзисторы являются ключом, не требующим физического воздействия. Он управляется другим незначительным током, который распределяется контроллером на материнской плате, который согласно инструкциям будет изменять частоту и период волны. Получив новые данные, процессор путем обмена информации записывает на жесткий диск обновленные, и будет отображать их, если это требуется.

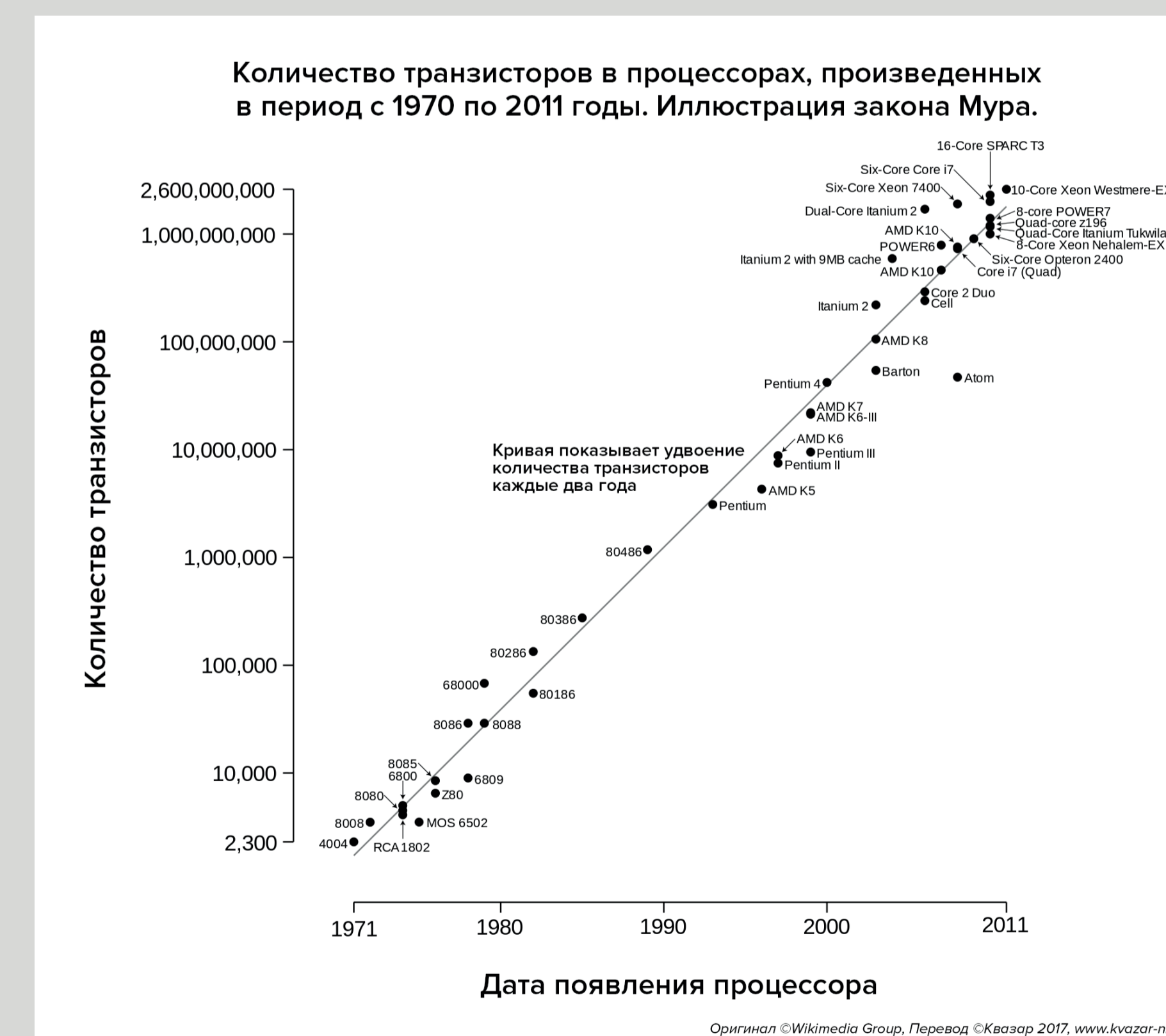
До изобретения транзисторов (триодов), потоки информации в виде электромагнитных волн анализировались в сложной системе электромеханических реле и ламп. Реле, замыкаясь или же размыкаясь, формировали волну. Механическое реле - ключ снабженный электромагнитом, который, притягивая пластину, замыкает цепь, тем самым пропуская волну и формируя «1» на поверхности диска, и размыкаясь соответственно, формирует «0». Подобные компьютеры отличались, высоким выделением тепла, очень низким

быстродействием и громоздкостью. И, именно на заре компьютерных технологий, в 40-50 годы переход на компьютерные технологии казался невозможным и чем-то сверхъестественным. В 60-ые изобрели интегральные микросхемы.



Главной их особенностью является возможность упаковать все составляющие части микропроцессора на одну общую плату.

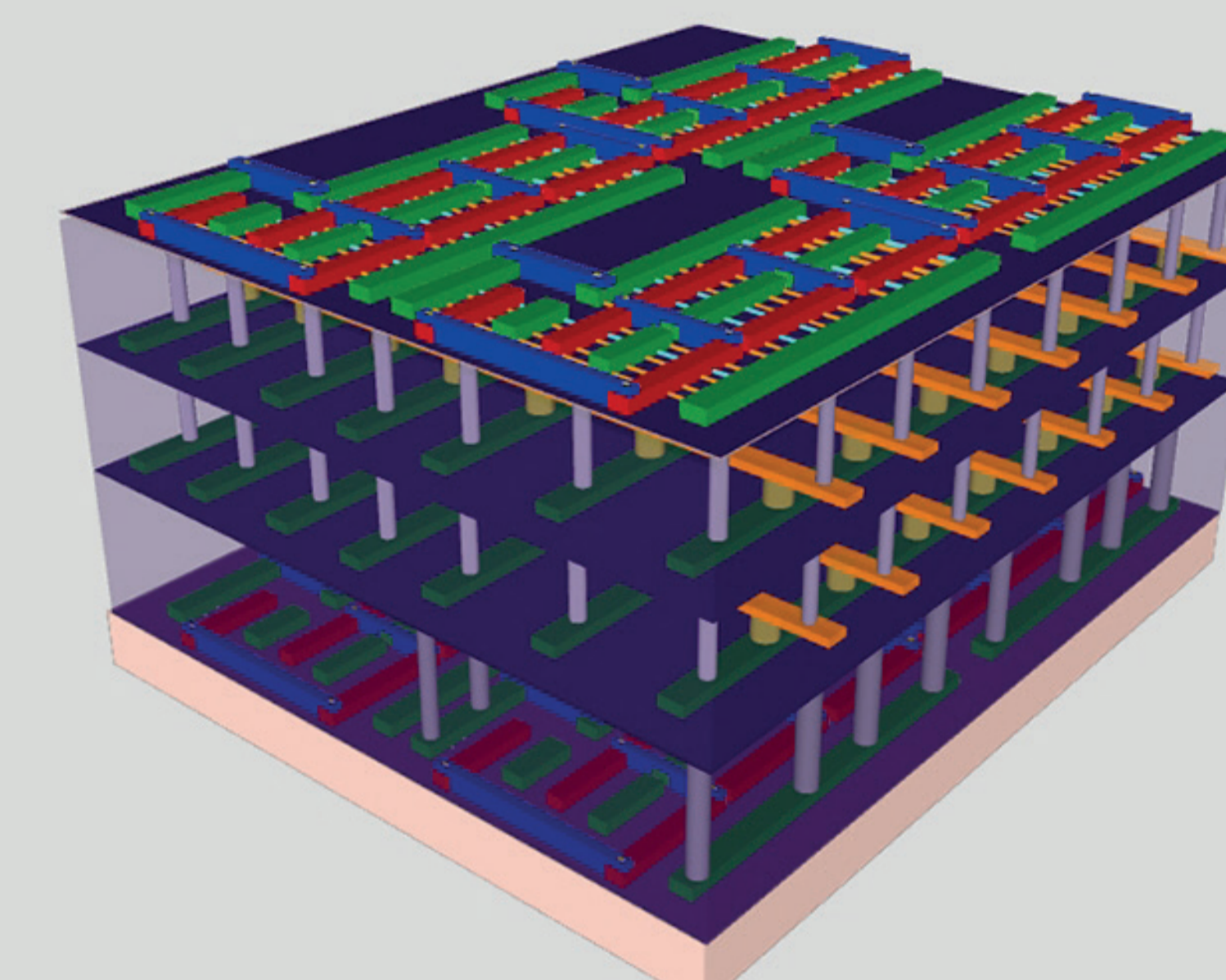
Введение интегральной микросхемы способствовало бурному развитию микропроцессоров. Лучше всего оно описывается законом Мура, который гласит: «количество транзисторов, размещаемых на кристалле интегральной микросхемы удваивается каждые 24 месяца». Данная тенденция роста производительности была наиболее актуальна до 2008 года. Процессоры, выпущенные позже, несмотря на заметный прирост



быстродействия в сравнении с предыдущим поколением, не имеют удвоенное количество транзисторов на кристалле.

Тенденция увеличения числа транзисторов росла с каждым поколением микропроцессоров. Сегодня наиболее популярный техпроцесс среди пользователей – 22нм. Пользователя обычно не интересует количество транзисторов на кристал-

ле, для него важна производительность «камня». Однако, в сравнении с процессорами предыдущего поколения, более новые показывали высокие результаты в одинаковых задачах. Развитие нанотехнологий пока не позволяет уменьшать размер транзисторов в 2 раза каждые 2 года. Тенденции показывают, что либо надо идти в квантовые компьютеры, либо надо создавать технологии управления «тонким током», который будет возможен в пределах нескольких слоев вещества, так как там уже другие процессы. Поэтому, скорее всего ближайшие 6 - 8 лет, размер транзистора будет сохраняться на отметке 10нм. Судя по моему личному предположению для увеличения производительности, будут развиваться «многоэтажные» архитектуры процессоров, которые



Многоэтажная архитектура (прототип) фактически наслоены друг на друга.

Подобные технологии будут полностью оправдывать потребность пользователей в мощном железе. Все же количество тепла, выделяемое процессорами, увеличится, и, на время, компьютеры могут стать довольно громоздкими. Однако, если это произойдет, то это будет не существенно.

В следующие 25-30 лет компьютер предположительно перестанет в полной мере включать в себя, какие либо механические части. Вплоть до активного охлаждения. Все компоненты, ранее нагревавшиеся, теперь станут холодными, из-за кардинально новой архитектуры и материалов изготовления процессоров. Новый проводник, представляющий из себя сплав металлов с абсолютно нулевым, либо с минимальным сопротивлением. Думаю эксперименты будущего сделают это возможным. Развитие технологий никогда не стоит на месте. А в случае с компьютерными технологиями все еще более серьезно. Производители центральных и графических процессоров, любой ценой будут двигать прогресс ради господства на рынке. Поэтому, в любом случае, будущее за невероятной мощностью, немислимыми сегодня способами визуализации и количествами вычислений за единицу времени.



Млечный Путь, Марс, Сатурн над Центром  
Космической Связи в Золочеве.  
Nikon D600 + Nikkor 17-35/2.8D @ 17mm  
(crop), f/2.8, 3x15s, ISO 3200  
Автор фото: Игорь Хомич

# БаннЫЙ ЛИСТ В МИРЕ ЯЩЕРИЦ: УДИВИТЕЛЬНЫЕ ГЕККОНЫ



## **Знакомство с Гекконами.**

Гекконы – это очень маленькие виды ящериц, размеры которых варьируются от 1,6 до 60 см. Большинство гекконов не могут моргать, но они часто «облизывают» свои глаза, чтобы держать их чистыми и влажными. У них закрепленные зрачки, которые расширяются в темноте. Всего существует больше 1500 разных подвидов гекконов.

## **Описание гекконов.**

Внешности гекконов различаются именно потому, что их очень много. Большинство из них окрашены в ярко зеленый цвет с белой грудью. У них длинный,



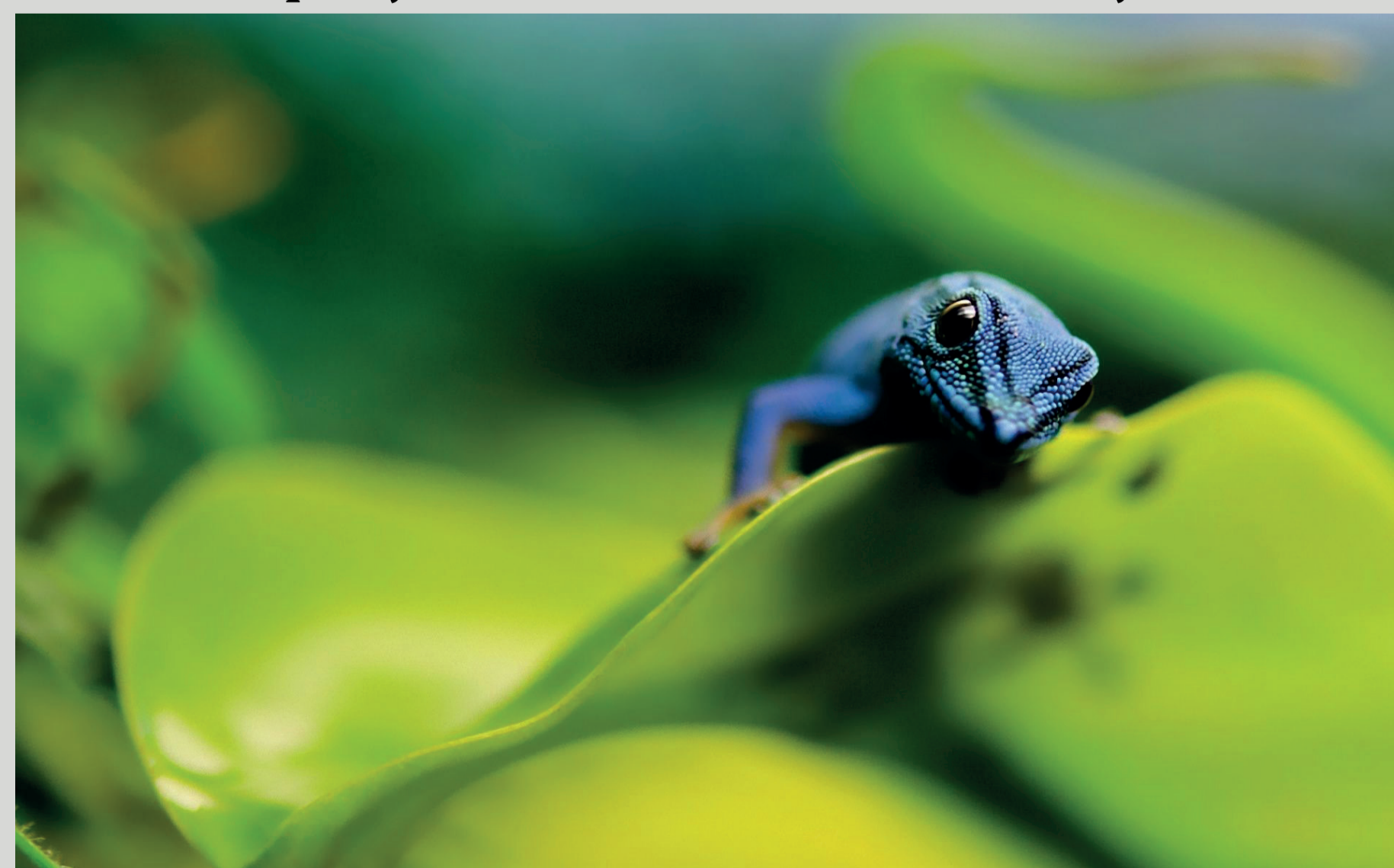
Новорожденный геккон. Как и многие другие животные, сразу после рождения гекконы окрашены в розовый цвет.

тонкий хвост, большие, широкие глаза и конечности.

Помимо этого, разные участки тела могут быть окрашены в разные цвета, такие как: оттенки синего, оранжевого, розового, желтого и зеленого. Большинство гекконов обладают уникальной способностью изменения окраски в зависимости от окружающей среды и температуры.

#### Распространение Гекконов.

Гекконы встречаются в больших популяциях по всему миру. Они выживают лучше всего в регионах, где дневная температура варьируется от 25 до 31 градусов Цельсия. Они не могут выжить



Окраска гекконов может сильно контрастировать с окружающей средой, однако это не представляет проблемы для гекконов, поскольку у них удивительные лапки.

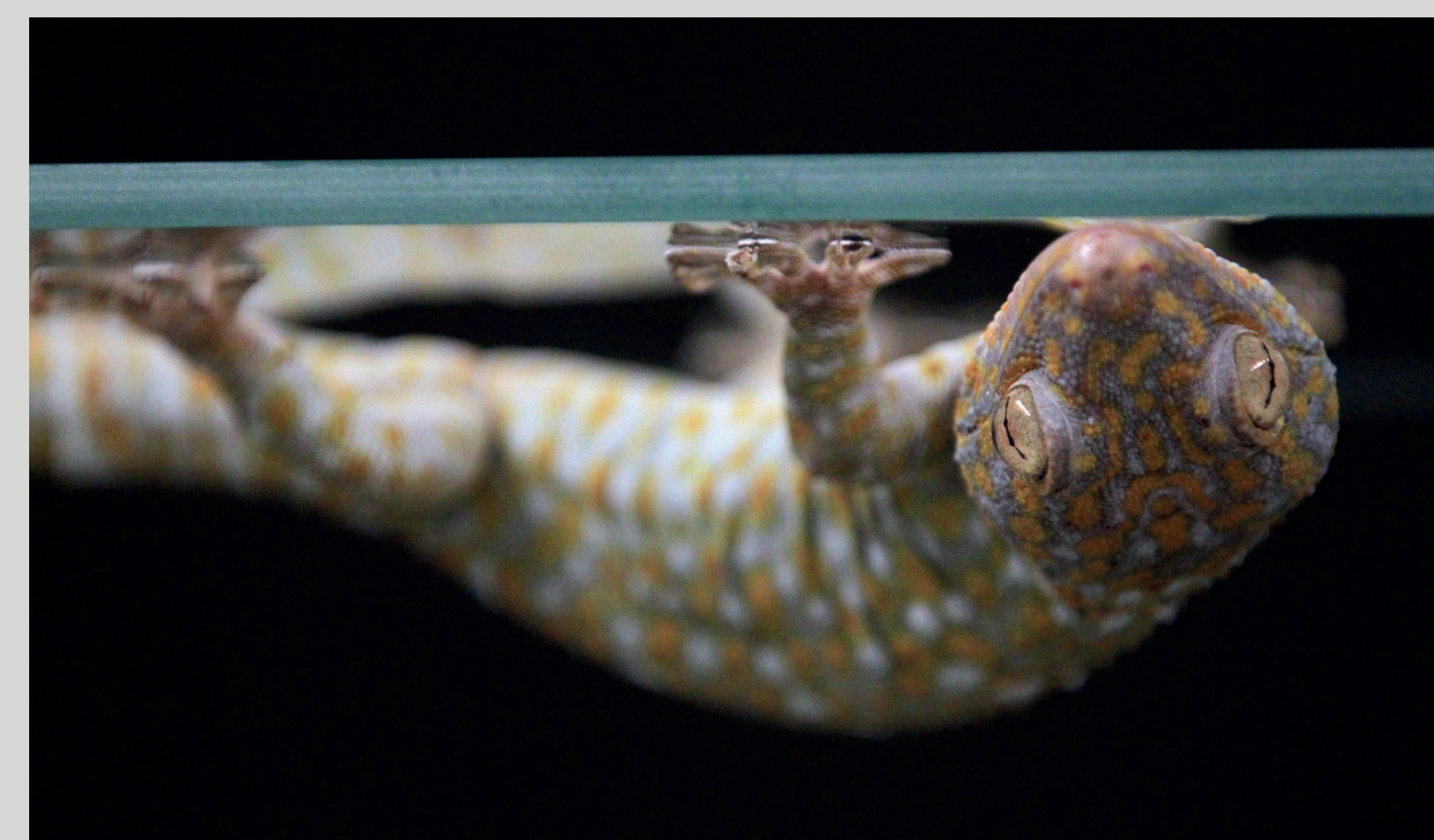
ночью, если температура падает ниже 21 градуса Цельсия.



Покрывало лапок геккона (вид через стекло)

#### Поведение Гекконов.

Гекконы уникальны среди ящериц в плане использования голосового аппарата. Они используют разнообразие щелкающих звуков для коммуникации между представителями вида. Звуки используются для призыва второй половинки,



Для геккона это не проблема!

защиты территории или предупреждении о надвигающейся угрозе.

Гекконы являются одними из самых удивительных ящериц, когда дело доходит до скорости и подъема по деревьям. Они могут подниматься вперед, задом и даже спускаться с дерева головой вниз. Лапки геккона покрыты множеством микроскопических волосков, сцепляющихся с опорной поверхностью посредством ван-дер-Ваальсовых сил (межмолекулярных сил притяжения), что помогает ящерице перемещаться по потолку, стеклу и другим поверхностям. Помните, мы говорили, что единственной поверхностью, к которой не прилипает геккон, является тефлон? Все дело в том, что как мы уже говорили в пятом выпуске, атомы фтора сильно прижимают электроны к себе и не дают им пространство для блужданий. Это не позволяет межмолекулярным силам притяжения образовываться, и геккон не прилипает к поверхности.

Межмолекулярные силы притяжения к лапкам геккона настолько велики, что один геккон массой 50 грамм может удерживать груз массой вплоть до двух килограммов.

Большинство гекконов ночные животные. Для такой жизни у них есть несколько приспособлений: улучшенное зрение, например. Также они могут отбрасывать определенную часть хвоста в случае угрозы, дабы они могли успешно сбежать от хищников. Новый хвост обязательно вырастет,



Гекконы, между прочим, могут быть домашними животными. Один из таких поймал таракана.

и этот процесс может повториться несколько раз на протяжении жизни геккона.

#### Диета и питание геккона.

Это вполне нормальное явление, что гекконы живут в тех же районах, где и люди. Более того, большинство людей создают хорошие условия для них и не беспокоятся о том, что они рядом. Причиной тому является тот факт, что гекконы питаются проблематичными (для людей) насекомыми, включая комаров. Большинство людей предпочитает гекконов в своем окружении. Помимо этого, гекконы питаются сверчками, тараканами и червяками. Они пожертвуют любой другой едой, если найдут мед или свежие фрукты. Такая пища, как правило, доступна только в некоторые сезоны года в местах обитания гекконов.

#### Размножение гекконов.

Время года, когда гекконы начинают размножаться, варьируется среди разных видов. Оно также зависит от наличия пищи. Когда пищи мало, вероятность того, что гекконы будут тратить энергию на поиск еды гораздо меньше. В такое время, самки начинают выделять феромоны, которые крайне эффективны по отношению к самцам. Самцы будут идти на этот запах, и как только спаривание закончено, самцы и самки расходятся.

Главная задача самца – бродить и искать как можно больше самок, с которыми он сможет спариться. Разумеется, самцам придется доказывать то, что именно они достойны этой самки при помощи сражения с другими самцами. Некоторые виды партеногенны (форма бесполого размножения) – это означает, что самка может размножаться самостоятельно, без необходимости спаривания с самцом. Самка будет искать места, где сможет отложить яйца так, чтобы у юных гекконов был шанс вылупиться в течение нескольких месяцев. Юные гекконы вырастают без родительского надзора.



Вид геккона - снежный барс. Особенностью этого вида является его окраска, которая проявляется с самых первых дней



Полная луна и Марс в противостоянии  
Nikon D600 + Nikkor 80-200/2.8D @ 155mm,  
f/5.6, 2s, ISO 200  
Автор фото: Игорь Хомич

# Ползучий дрон и тетрафлексгон: Метаматериал из будущего?

*В своем обнаженном естестве мембрана выглядела странно. Это была золотистая упругая поверхность из чего-то среднего между пружинистой тканью и эластичной пластмассой — с узором, похожим на мелкие пчелиные соты.*  
В. Пелевин «Любовь к трем цукербринам»

К сожалению, робототехника уже на протяжении слишком долгого времени развивается в соответствии с традиционными схемами механики. До этого момента, робототехника лишь являлась прикладной наукой, прогресс которой совершается за счет прогресса самой механики. При этом, у современных потребителей (в широком смысле) существует колоссальный запрос на предметы и объекты

иною происхождения. Предметы и объекты, которые по своему исполнению не были бы похожи на все то, с чем им приходится иметь дело в своей повседневной жизни, но которые на качественно новом уровне удовлетворяли бы их потребности в комфорте и развлечениях. И тут возникает необходимость в образце, который бы подсказал направление для создания инновационно новой робототехники. Как ни странно, такой образец есть! Его можно заметить в пространственных скульптурах архитектора Бориса Стучебрюкова. Наиболее известная из которых – «Галатее».



Галатее Бориса Стучебрюкова

Галатее состоит из 22 тысяч структурно объединенных лезвий для безопасной бритвы. Конструкция в своём составе не имеет других элементов, кроме лезвий из нержавеющей стали. Принцип, положенный в основу моей работы, легко уловить из цитаты Вячеслава Колейчука – известного представителя кинетического направления в искусстве (направление в современном искусстве, обыгрывающее эффекты реального движения всего произведения или отдельных его составляющих). «Объект напоминает построения структуры «сети» математика П.Л.Чебышева, в которой изменение пространственной формы происходит только за счет изменения сетевых углов. Трансформация напоминает небольшой спектакль формообразования, проходящий перед зрителями. В руках автора стальная «ткань» начинает переливаться, становясь то цилиндром, то куполом, то конусом, напоминая собой чешую то ли рыбы, то ли змеи. Работа несет в себе большой игровой потенциал, вызывая эмоциональное и интеллектуальное сопереживание зрителя».

**Примечание:** Пигмалион - в греческой мифологии скульптор, создавший прекрасную статую — девушку Галатею — из слоновой кости и влюбившийся в своё творение.

Найдя в «Галатее» наш пигмалионовский идеал воплощения идеи пространственной механиче-

ской структуры, мы при этом должны понимать сложность прикладного её применения в представленном автором виде. Где же выход? Предлагаем найти его в флексагонах, точнее в тритетрафлексагонах, ещё точнее - в комбинаторике реверсивных ячеистых форм на основе синтеза тритетрафлексагонов.

А теперь по-русски. Флексагоны являются частным случаем моделей-трансформеров. Добавление приставки тетра- означает, что эти флексагоны имеют квадратную форму. Вообще, флексагоны, это плоские модели из полосок бумаги, способные складываться и сгибаться определённым образом. При складывании флексагона становятся видны поверхности, которые ранее были скрыты в конструкции флексагона, а прежде видимые поверхности уходят внутрь. Наглядный пример тритетрафлексагона, с возможностью его самостоятельного изготовления из бумаги, можно увидеть на рис. 2



Рис. 2. Схема изготовления тритетрафлексагона. (а – лицевая сторона развертки, б – тыльная сторона развертки).

Принцип его действия иллюстрирует рис. 3.

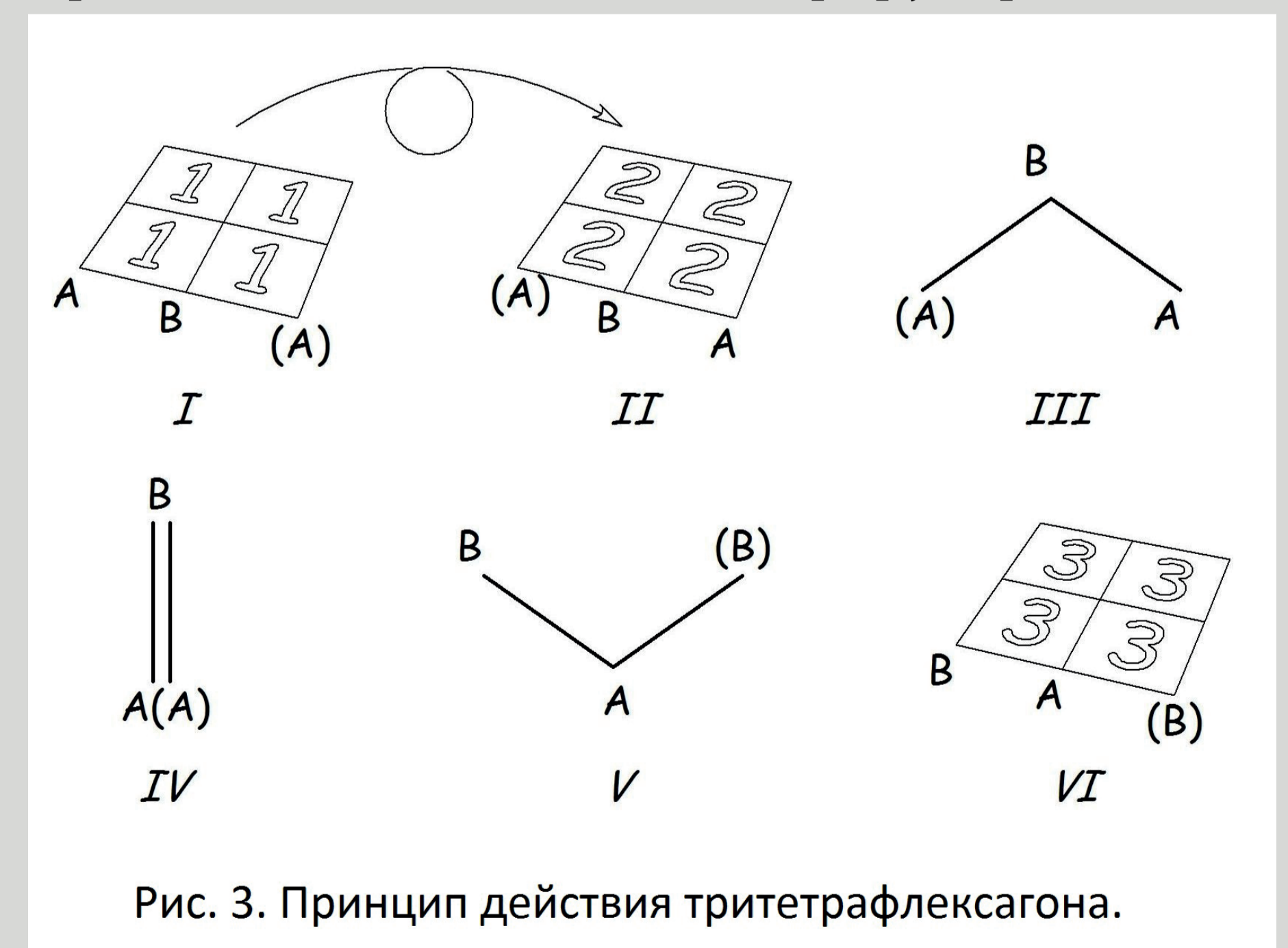


Рис. 3. Принцип действия тритетрафлексагона.

Развертку и порядок выполнения бумажной модели флексагонной петли (трететрафлексагона) можно увидеть на рис. 4.

Объединяя петли в структуры (см. рис. 5а, с изображением треугольной ячеистой структуры и рис. 5б, с изображением сотовой ячеистой струк-

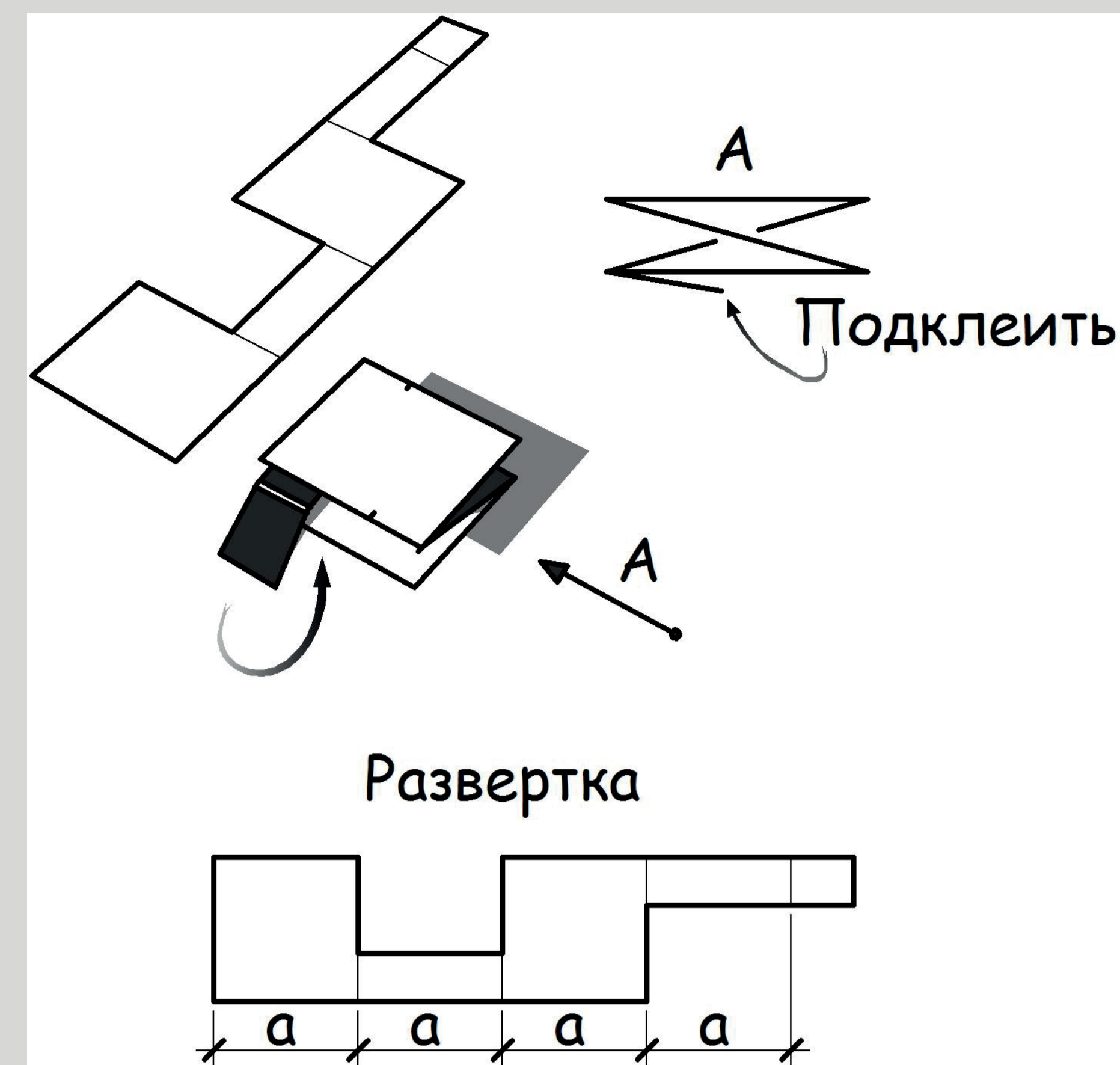


Рис.4. Флексагонная петля.

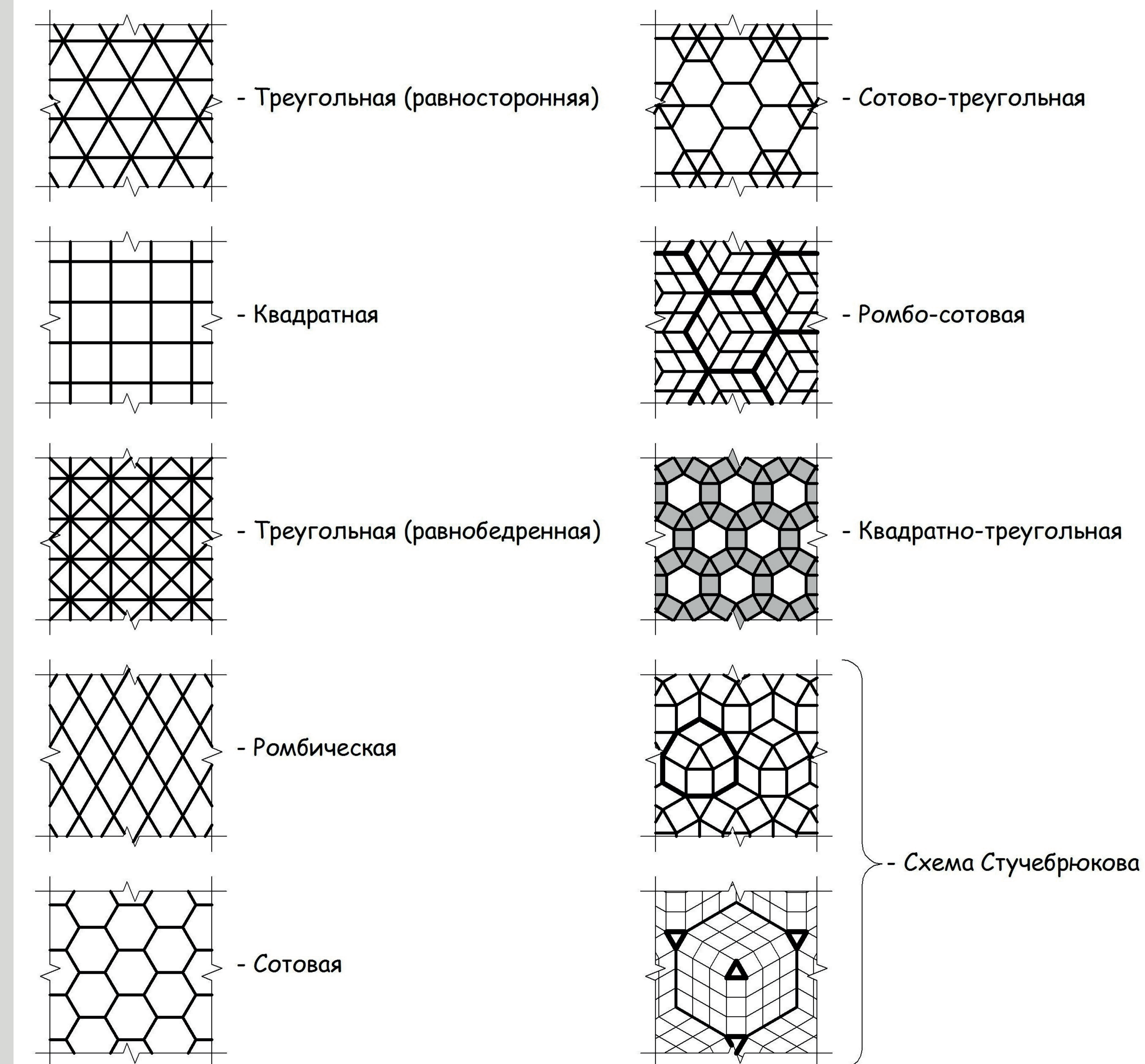


Рис.6. Варианты схем объединения тритетрафлексагонов в сетки.

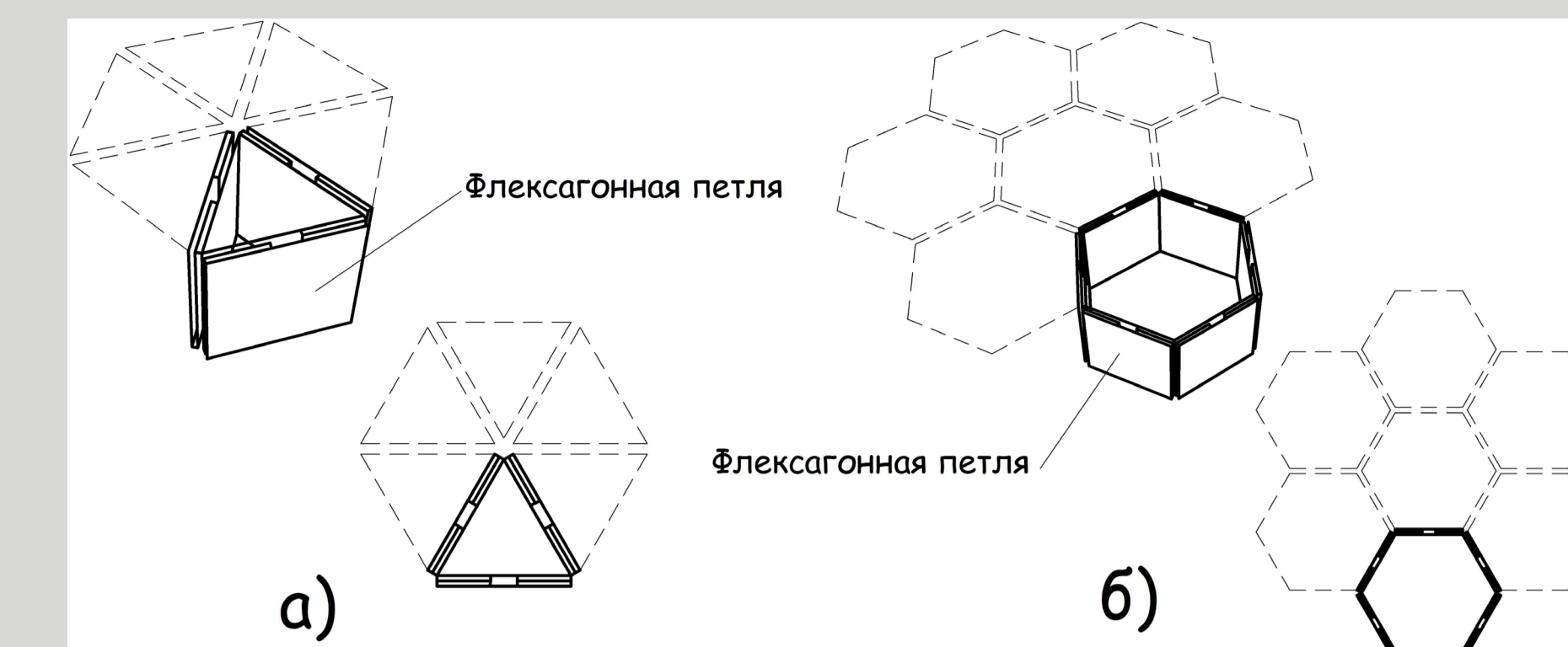


Рис. 5а и 5б

туры), мы, в конечном итоге, получаем флексагонные сетки, как результат упомянутого выше синтеза тритетрафлексагонов. Не будем заострять внимание читателя на разнообразии возможных структурных схем флексагонных сеток (некоторые из которых представлены на рис. 6), сосредоточив внимание лишь на одной, а именно, сотовой. Предложим идею практического создания на её основе управляемой динамической пространственной структуры. Управляемый узел данной структуры будет представлять собой объ-



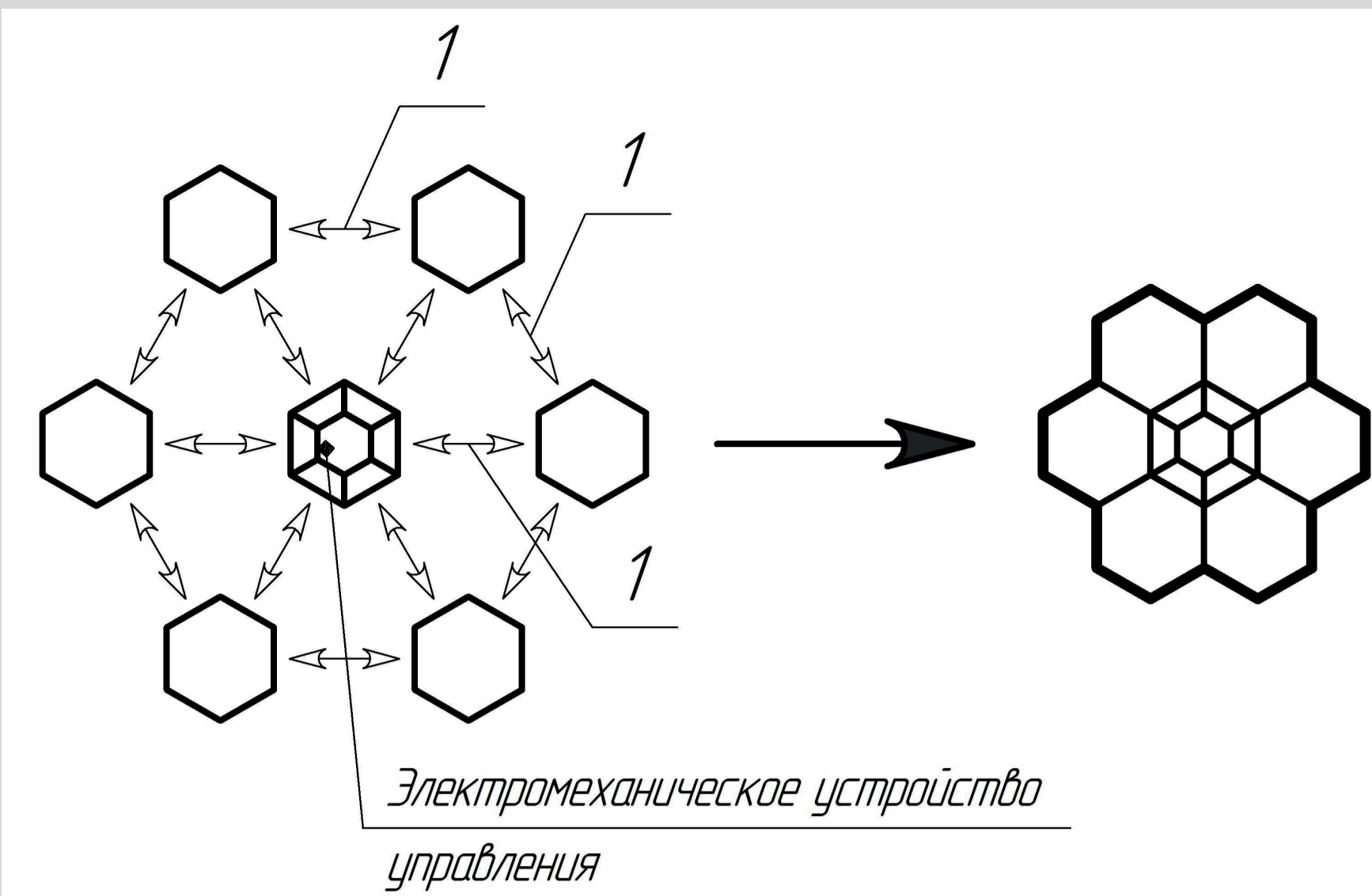


Рис. 7. Флексагонная петля в едином (нерасчленном) исполнении.

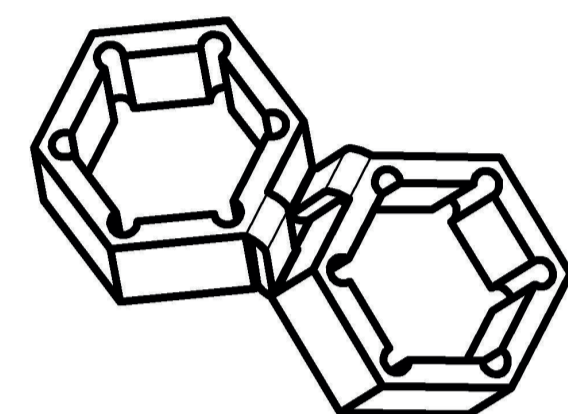


Рис. 7

единение, с помощью флексагонных петель, шести шарнирных сотовых ячеек вокруг центральной недеформируемой ячейки с приводом (рис. 7).

Управляемый узел в трех стадиях трансформации показан на рис. 8.

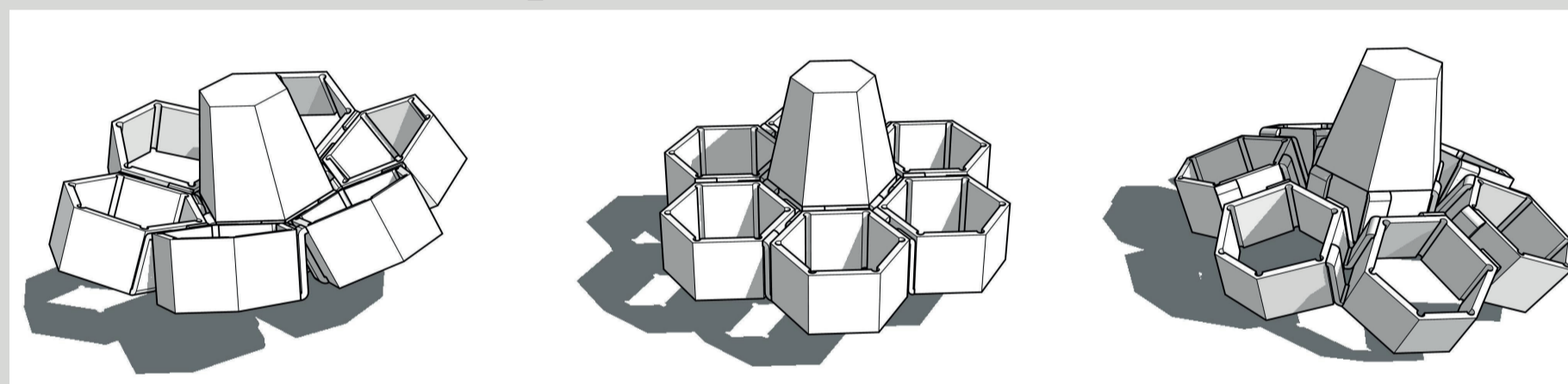


Рис. 8.

Привод центральной ячейки может иметь техническое решение, представленное на рис. 9.

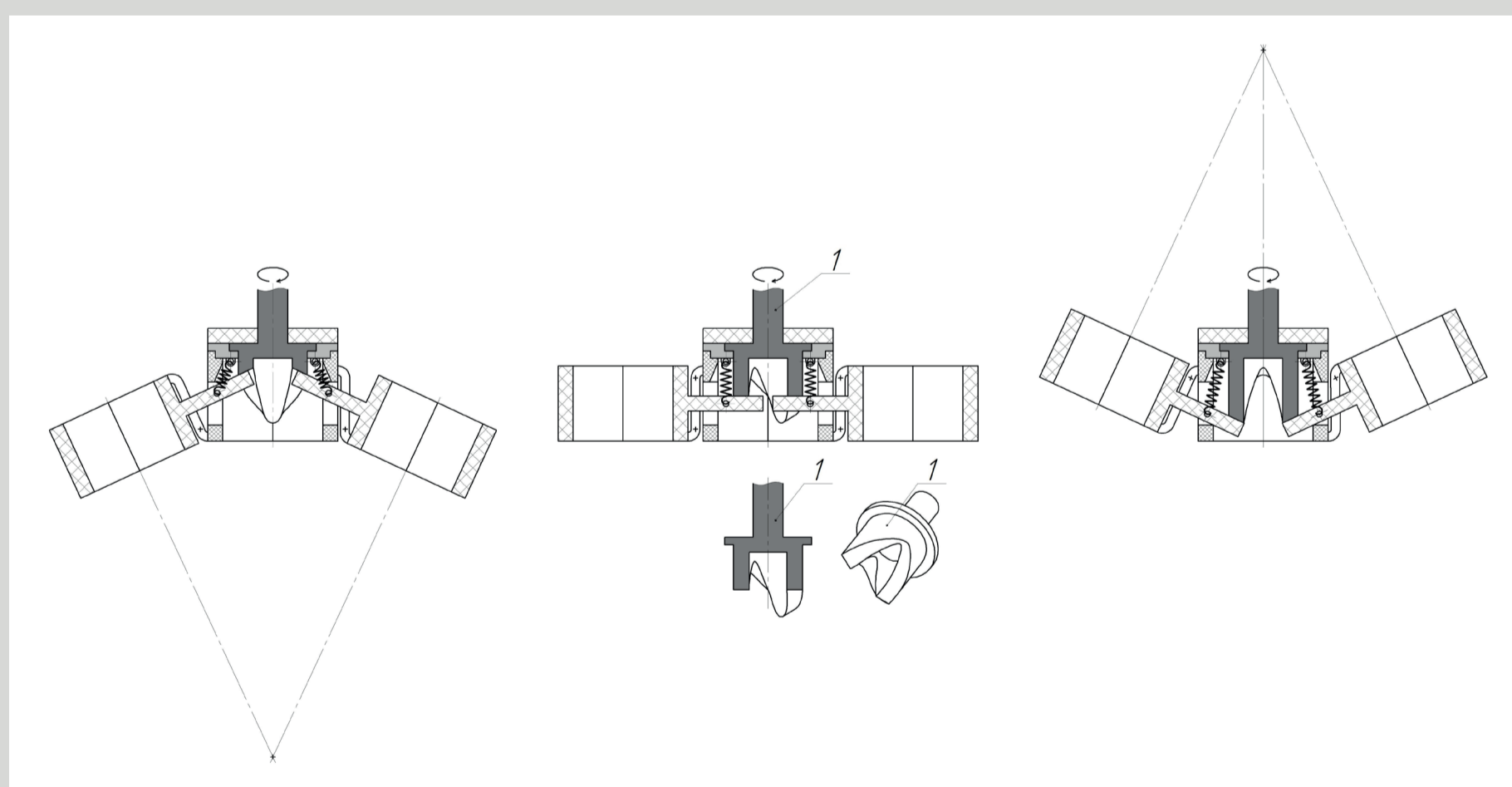


Рис. 9. Привод бытового электронно-осветительного прибора

Дальнейшая сборка будет представлять собой сочетание двух блоков ячеек с приводом (см. 7 и 8) и компенсирующим сотовым блоком без привода, в котором все 7-мь ячеек будут деформируемыми в ребрах (см. рис.10).

Флексагонные петли, связывающие три блока ячеек, должны предусматривать механизм возврата в нейтральное (закрытое) положение (см.

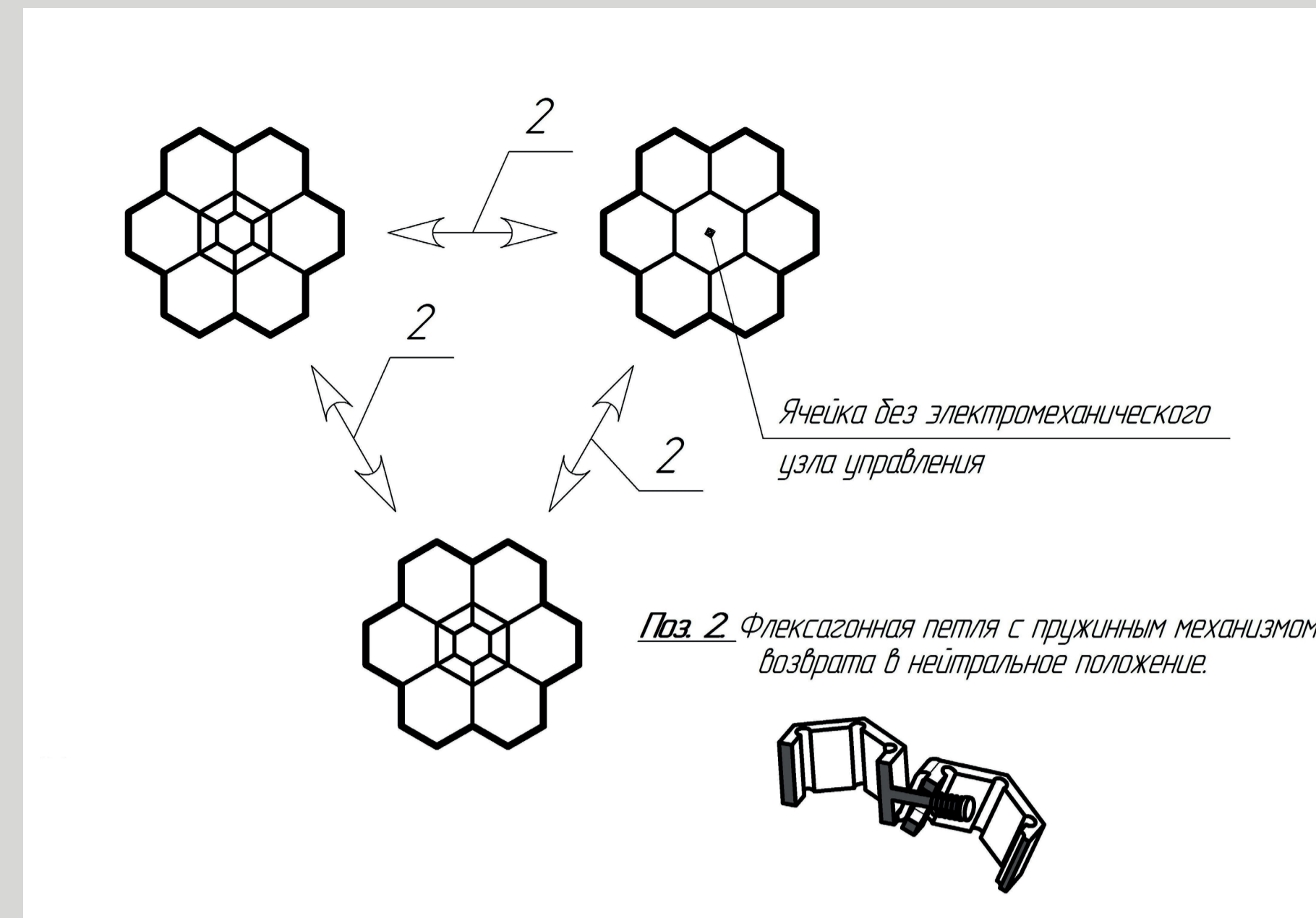


Рис. 10

рис 10, поз. 2).

В итоге, фрагмент динамической панели будет иметь схематический вид, показанный на рис. 11 (штриховые окружности показывают пересечение центров приводов).

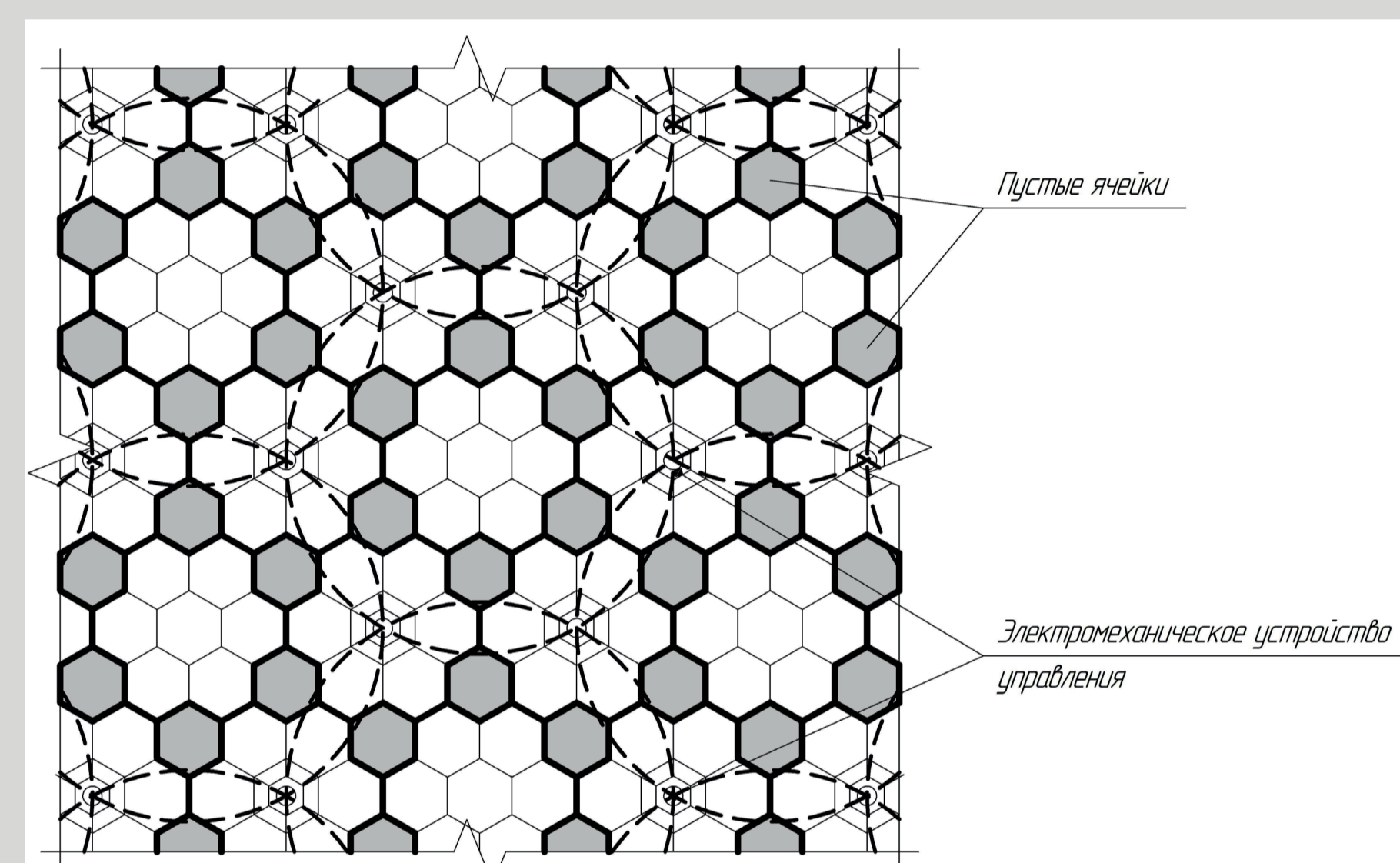
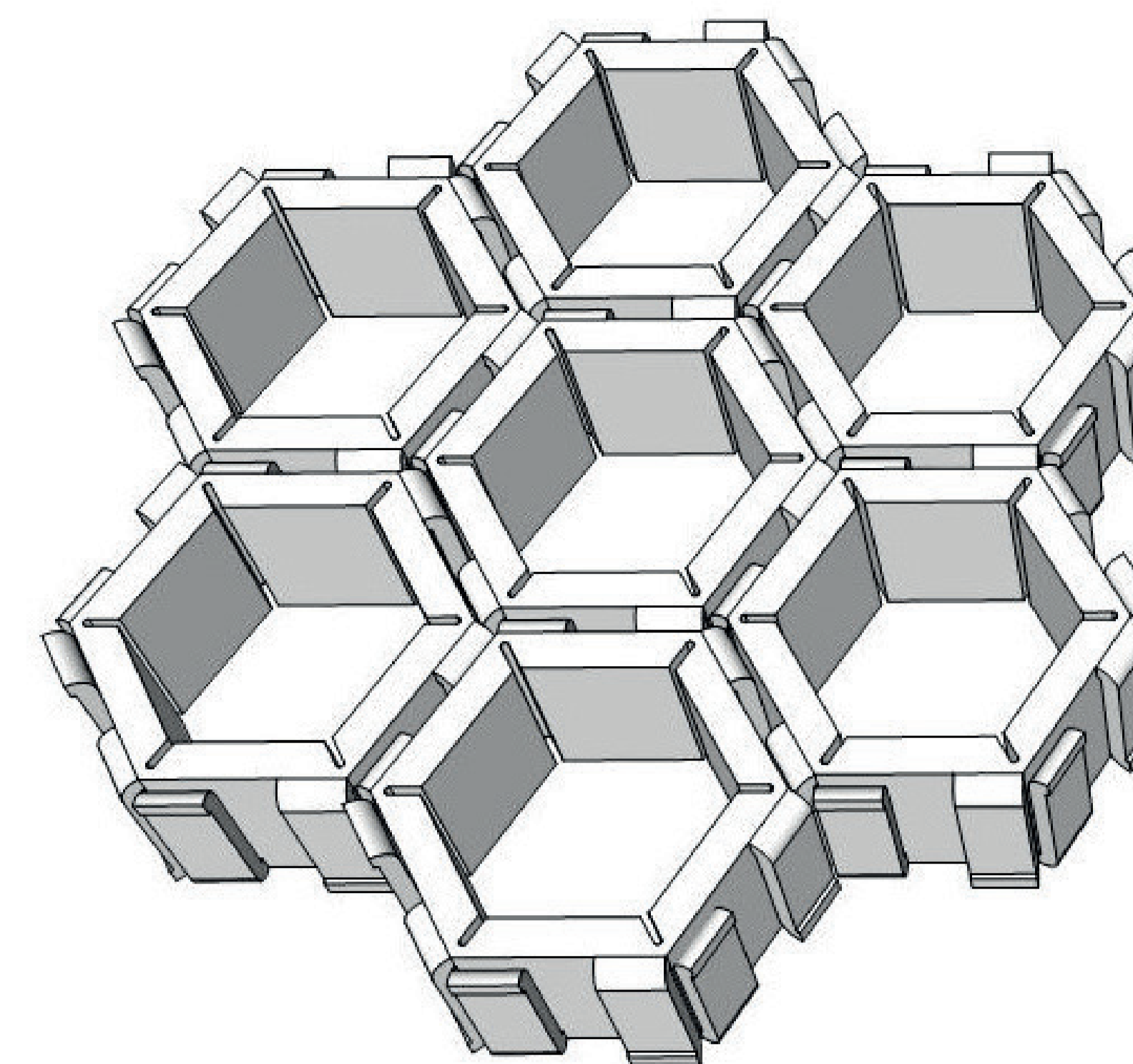


Рис. 11

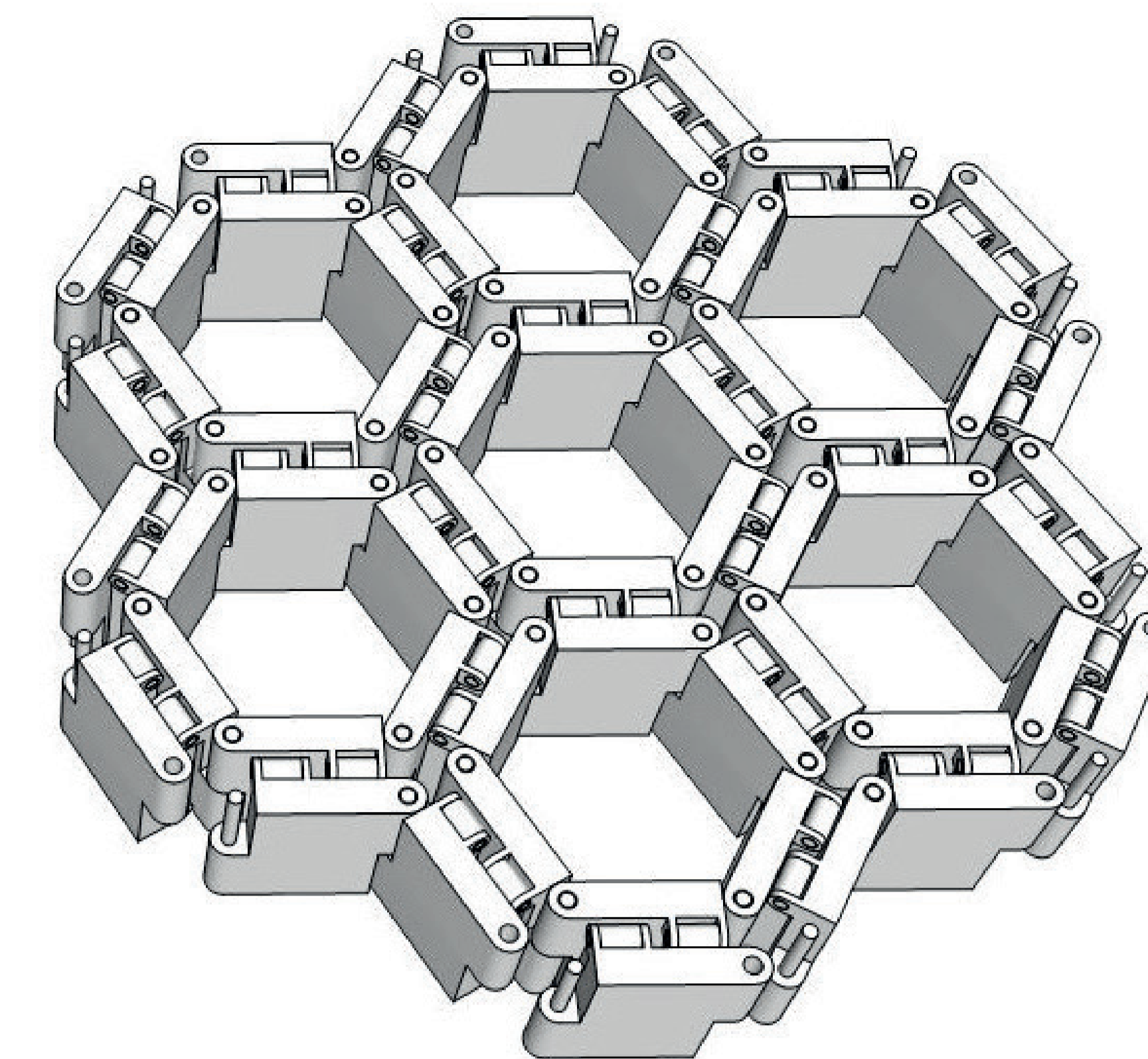
Назначая приводным узлам различные режимы работы относительно друг друга и синхронизируя эту их взаимную работу, возникает возможность добиваться смены различных динамических состояний структуры, с возможностью при необходимости зафиксировать каждое из них.

Здесь надо сказать, что автор настоящей статьи в своих примерах сделал акцент на нерасчленной версии исполнения реверсивных ячеистых структур (см. рис. 12, где а – монолитная ячеистая структура, а б – сборная ячеистая структура) поскольку находит перспективным развитие флексагонных сеток в русле набирающей в наши дни популярность идеи «metamaterial mechanics» или монолитной механики (см. рис. 13).

По прогнозам автора, настоящая идея способна положить начало созданию целой плеяды динамических роботизированных платформ, которые могут быть как не передвигающимися каркасами с несущими свойствами, так и в виде двигателя самопередвигающихся платформ, реализованного на основе принципа флексагонной сетки. В случае с последними, ту часть флексагонной



а)



б)

Рис. 12

сетки, которая будет контактировать с поверхностью, имеет смысл оснастить часто расположенными стержневыми упругими опорами. Движение в данном случае будет осуществляться за счет волнообразных движений пространственной динамической структуры. А если к конструкции применить автоматическое управление, то через назначение различных режимов состояний её узлов (реверсивных петель), структуру можно приводить к изменению пространственной формы, к трансформациям, с возможной фиксацией каждой из конфигураций.

Данные панели в смонтированном виде могут быть помещены в эластичную герметичную оболочку или залиты (с оставлением технологических пустот) силиконом холодного отверждения, что в последующем сделает конструкцию неуязвимой к различным внешним факторам в процессе эксплуатации.

Ивченко Алексей  
г. Волгоград  
ge7net7a@yandex.ru

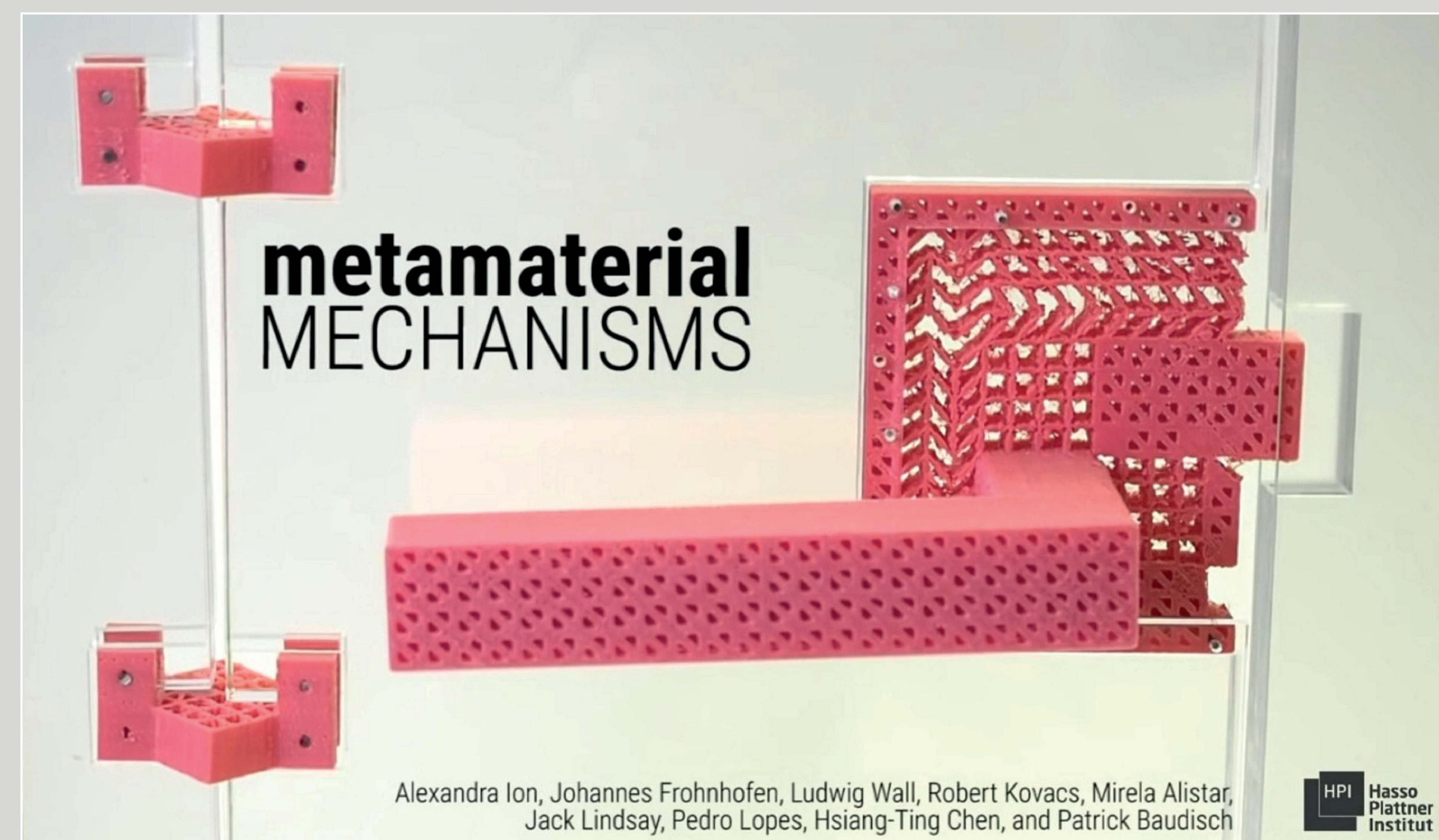


Рис. 13. Примеры монолитных пружинно-шарнирных механизмов

Alexandra Ion, Johannes Frohnhofen, Ludwig Wall, Robert Kovacs, Mirela Alistar, Jack Lindsay, Pedro Lopes, Hsiang-Ting Chen, and Patrick Baudisch

HPI Hasso Plattner Institut



©Квазар 2017  
support@kvazar-nis.ru  
www.kvazar-nis.ru  
vk.com/granbudushego  
All rights reserved