



# БИОМИКА/BIOMICS

<http://biomics.ru>



*У нас исследуется в стране многое разве кроме каучука.  
Но через год-два и каучук мы будем иметь в своем распоряжении.  
(слегка перефразированное высказывание тов. Сталина)*

## НАТУРАЛЬНЫЙ КАУЧУК, ЕГО ИСТОЧНИКИ И СОСТАВНЫЕ ЧАСТИ

Кулуев Б.Р.<sup>\*</sup>, Гарафутдинов Р.Р.<sup>\*</sup>, Максимов И.В., Сагитов А.М.<sup>1</sup>, Чемерис Д.А., Князев А.В.,  
Вершинина З.Р., Баймиев Ан.Х., Мулдашев А.А.<sup>2</sup>, Баймиев Ал.Х., Чемерис А.В.

Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук  
Россия, Республика Башкортостан, Уфа, [chemeris@anrb.ru](mailto:chemeris@anrb.ru)

<sup>1</sup>ООО Биоскрин, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

<sup>2</sup>Уфимский институт биологии Российской академии наук, Россия, Республика Башкортостан, Уфа

### Аннотация

В обзоре освещается история знакомства европейцев с латексом некоторых деревьев Нового света, а также вопросы зарождения и развития каучукоделия, начиная с XVIII века и до наших дней. Обращено внимание на имевшую место путаницу в описании первых каучуконосов. Отмечен вклад ряда ученых и изобретателей в изучение каучука и его продвижения в качестве важнейшего сырья для многих групп промышленных товаров. Кратко рассматриваются химическое строение каучука и пути биосинтеза в растениях. Значительное внимание в данном обзоре уделено описанию разнообразия каучуконосных растений, из которых, помимо гевеи *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell.-Arg., промышленными каучуконосами могут считаться гваюла *Parthenium argentatum* Gray, кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* Rodin. Отмечается перспективность для коммерческого использования и крым-сагыза или одуванчика осеннего *Taraxacum hibernum* Steven. Затронут вопрос аллергенности отдельных каучуков. Несмотря на то, что производство искусственного каучука продолжает увеличиваться, спрос на натуральный каучук сейчас с каждым годом заметно растет. Искусственный каучук в целом уступает по качеству натуральному, причем последний незаменим при производстве шин, испытывающих повышенные нагрузки. Поэтому современная резиновая промышленность все больше нуждается в натуральном каучуке, который в основном производится из гевеи. Практически мировыми монополистами по производству натурального каучука из гевеи являются лишь несколько стран Юго-Восточной Азии и Африки. В связи с этим существует опасность повышения мировых цен на натуральный каучук ввиду многочисленных причин, например массовой гибели плантаций гевеи, которую может вызвать ее естественный вредитель грибок-аскомицет *Microcyclus ulei*, внесенный в ООНовский список биологического оружия. В этой связи представляются весьма актуальными исследования, направленные на возможность возделывания каучуконосов на территории России в современных условиях, с учетом накопленного в 30-40-х годах прошлого века в СССР и США опыта, а также опираясь на достижения биотехнологической науки века нынешнего. Отмечается интерес Европы к возделыванию в странах Европейского союза гваюлы и кок-сагыза, для чего был создан специальный Консорциум EU-PEARLS. В целом, изученная нами литература охватывает почти 500-ти летний период и включает первую научную публикацию по каучуку 1751 г. написания, а также современные работы, выполненные с использованием молекулярно-биологических методов. В трех Приложениях к статье в хронологическом порядке приведены наиболее знаковые события, связанные с каучуком, а также перечень растений-каучуконосов, характеризующихся относительно высоким содержанием каучука, и основные страны-производители натурального каучука.

**Ключевые слова:** каучук, натуральный каучук, латекс, вулканизация, резина, каучуконосы, гевея, гваюла, кок-сагыз, крым-сагыз, изопрен, импортзамещение

<sup>\*</sup> Два первых автора внесли равный вклад в написание данной статьи.

Оглавление	Стр.
Введение	225
Краткая давняя история каучукоделия	227
Краткая недавняя история каучукоделия	229
<i>Люди, заложившие основу современного производства резины из натурального каучука</i>	229
<i>«Каучуковая лихорадка»</i>	233
<i>Доместикация гевеи и организация плантаций</i>	234
Каучуконосные растения	239
<i>Типы каучуконосных растений</i>	239
<i>Гевея</i>	240
<i>Прочие виды хороших каучуконосов</i>	241
Поиски новых каучуконосов	242
<i>Каучуконосная флора США</i>	242
<i>Каучуконосная флора СССР</i>	246
Отечественная резиновая промышленность	250
Сравнительная характеристика латексов некоторых каучуконосов	258
Каучук как химическое соединение и его биосинтез в растениях	261
Заключение	265
Цитированная литература	267
Приложение 1. Хронология и места происходивших знаковых событий, связанных с натуральным каучуком	274
Приложение 2. Виды-каучуконосы	281
Приложение 3. Продукция разными странами натурального каучука	282

### Введение

Природа, надо сказать, довольно сильно позаботилась о человеке, чтобы тому было комфортно жить. За многие сотни миллионов лет накопила для него нефть, газ, образовала руды и прочие полезные ископаемые, значительная часть которых относится фактически к невозобновляемым ресурсам, по крайней мере, за тот исторический отрезок времени, что существует человечество. Но, помимо них, человек активно пользуется и разнообразным возобновляемым сырьем, в том числе нарабатываемым отдельными представителями Царства растений, среди коих можно выделить, например, растения-каучуконосы, обеспечивающие сейчас все население Планеты натуральной эластичной резиной. Хотя во второй половине двадцатого столетия, химический синтез искусственного каучука по масштабам довольно значительно опередил добычу натурального, но последний имеет ряд важных преимуществ, благодаря которым его производство продолжает неуклонно расти, а в последние годы и опережающими темпами. Например, авиационные шины современных самолетов не могут изготавливаться из искусственного каучука, поскольку он не выдерживает столь значительных нагрузок. Таким образом, натуральный каучук, являющийся важнейшим биополимером растительного происхождения и представляющий собой (если брать в целом) *цис*-1,4-полиизопрен, был и остается стратегическим сырьем, имеющим, в том числе и оборонное значение. Другому полимеру – *транс*-1,4-полиизопрену, представляющему собой гуттаперчу, и некоторым другим изопрен-содержащим

биополимерам внимание в статье уделяться практически не будет. За пределами рассмотрения останутся и методы обнаружения каучука в растениях (латексе), экстракции каучука и различные способы анализов этого биополимера. Синтетическому каучуку также уделим совсем мало внимания.

По некоторым оценкам растений, вырабатывающих латекс и относящихся к различным семействам, насчитывается более 20 тысяч видов [Lewinsohn, 1991], но далеко не все из них способны образовывать натуральный каучук, тем более высокого качества и в должном количестве. Основным продуцентом натурального каучука в настоящее время служит бразильская гевея *Hevea brasiliensis* и лишь незначительное его количество медицинского назначения производится из мексиканского кустарника гваюлы *Parthenium argentatum*. Считается, что гевея относится к группе растений, с помощью человека изменивших весь мир, а таковых, если брать все многообразие растений – буквально «капля в море». Однако существует еще целый ряд видов растений, потенциально способных составить конкуренцию этому признанному продуценту каучука. Интерес к альтернативным источникам природного каучука объясняется многими причинами, среди которых желание стран, каучук не имеющих, но активно использующих его в своей промышленности, максимально освободиться от импорта этого стратегического сырья. Еще одна причина кроется в боязни, что плантации гевеи в Юго-Восточной Азии повторят судьбу бразильских плантаций, если до них доберется аскомицет, способный за короткий срок

«выкосить» массу деревьев. Наконец, гевейный каучук не самый подходящий для изделий медицинского назначения, поскольку содержит довольно много сопутствующих белков, являющихся сильными аллергенами.

Прежде чем перейти к рассмотрению вопросов каучуконосности разных видов растений и истории их изучения, необходимо некоторое внимание уделить принятым в этой сфере терминам. Слово «каучук» ведет свое происхождение со времен испанского вторжения в Новый свет<sup>1</sup>, когда европейцы познакомились с различными резиноподобными изделиями, изготавливаемых местными племенами из пасоки (камеди) деревьев, которые на языке тупигуарани носили название «деревья, которые плачут»<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Надо заметить, что поначалу европейцы эти «слезы» дерева как известную им камедь называли по латыни – *gummi*. Так, в своих пояснениях по случаю открытия «Нового мира» (De orbe nouo), сделанных капелланом одного из судов Х. Колумба Petri Martyris d'Angleria / Anghiera, Pietro Martire d' (1457-1526 гг.), опубликованным в 1530 г. уже после его смерти, при описании сока деревьев, из которого изготавливались прыгучие шары, он использует словосочетание «*gummi-optima*» [цит. по Loadman, 1998], что признается сейчас первым письменным упоминанием каучука. J. Loadman утверждает, что на folio XXXV книги этого капеллана словосочетание *gummi-optima* присутствует, однако найдя в США находящийся в свободном доступе электронный вариант этой книги в библиотеке университета штата Виргиния, мы не сумели в указанном месте (на 35 листе) найти информацию об этом и самого слова *gummi* также не встретили, потому и не включили этот труд на латинском языке испанского автора в список цитируемой литературы, но поскольку мы с ним ознакомились, то можно считать, что использованные при написании данной статьи источники охватили без малого пять столетий.

<sup>2</sup> Есть и иная версия происхождения слова «каучук», связанная с верой в магическое действие подпрыгивающих шаров, получаемых из латекса таких растений, по которой «*cauchu*» на языке древних инков в литературном переводе означает – «бросающий от сглаза». Эту версию приводит M.J.R. Loadman [1998], ссылаясь на изданный в 1608 г. словарь языка индейцев кечуа, однако проведенный нами поиск по данному словарю [Holguin, 1608] хотя и позволил обнаружить слова и выражения с корнем *cauchu*, но такой однозначной трактовки перевода на испанский, а затем на русский мы сделать не смогли, хотя нечто напоминающее такой смысл все же для этого слова в данном словаре имеется. Так что и эта версия может иметь право на существование.

или «кау учу» (кау – дерево, учу – плакать), видимо слышимое европейцами как «каучук». Таким образом, это слово в разных написаниях спустя какое-то время появилось в языках европейских народов. Теперь натуральный каучук по-французски будет – *caoutchouc naturel*, *caucho natural* по-испански, *naturkautschuk* – по-немецки. В современном английском языке для натурального каучука используется другое словосочетание – *natural rubber*. Слово *rubber* (сейчас – резина) вошло в обиход «с легкой руки» известного ученого Дж. Пристли<sup>3</sup>, в 1770 г. придумавшего его согласно закона построения слов в английском языке с помощью суффикса –*er* как производное от *rub*, одно из значение которого – стирать, а именно это написанное карандашом и удавалось сделать с помощью данной субстанции, изготавливаемой тогда из *natural caoutchouc*. Точнее, Дж. Пристли предложил название *India-Rubber* для уже производимых E. Nairne<sup>4</sup> и продаваемых в лавках для художников кубиков из каучука, поскольку весь тогдашний каучук происходил из Нового света, некоторое время считавшимся Индией, но первая часть этого названия из употребления быстро вышла, оставив после себя только *rubber*, означавшее первоначально что-то вроде «стиралки». Что касается английского слова *resin* (и латинского *resina*), то оно означает не резину, а смолу, в различных вариациях также встречающуюся во многих растениях (выделяющуюся из них) [Langenheim, 2003]. Под словом латекс (*latex*) здесь понимается млечный сок каучуконосных растений, который представляет собой белую эмульсию каучука в воде (соке растений), напоминающую молоко, а кто предложил так его называть расскажем ниже.

Таким образом, в данной статье под латексом мы будем понимать природный латекс в виде млечного сока каучуконосов (кроме случаев, когда это будет оговариваться особо), каучуком будем преимущественно обозначать коагулированный латекс, а резиной будем считать вулканизированный каучук, но резиновой промышленностью будем называть всю, в том числе существовавшую в довулканизационную эпоху.

История открытия каучука и растений, его продуцирующих, какой она представляется сейчас, достаточно не проста. Она изобилует многочисленными неточностями, различными искажениями фактов, даже ужасными трагическими событиями. Мы не берем на себя смелость досконально разобраться в перипетиях всех тех событий, но хотим в эти вопросы внести

<sup>3</sup> Дж. Пристли известен тем, что открыл также газ кислород.

<sup>4</sup> Фактически продаваемые в лавках для художников каучуковые кубики, используемые для стирания следов грифельных карандашей являются первым коммерчески реализуемым товаром из каучука.

некоторую ясность, поскольку в современной литературе (даже академической) из публикации в публикацию часто кочуют неверные сведения, в том числе в виде названий мест, растений, дат произошедших событий, фамилий и даже откровенный вымысел. Поэтому мы решили, насколько это оказалось для нас возможным, обратиться к первоисточникам<sup>5</sup> и там получить максимально точную информацию, хотя и ей в ряде случаев доверять надо с осторожностью, ввиду, вполне вероятной субъективности оценок авторами тех или иных фактов. Так, по разные стороны Атлантического и Тихого океанов люди до сих пор придерживаются противоположных взглядов на лидерство Ч.Гудьира или Т.Хэнкока в вопросе вулканизации каучука, часто даже не упоминая (или упоминая вскользь) в исторических статьях того или другого изобретателя в зависимости от места написания материала. Например, в двухтомном издании «Натуральный каучук», подготовленном малазийскими авторами [Робертс, 1990] вся история открытия и развития производства каучука изложена довольно кратко, но Томас Хэнкок назван там «великим пионером в области технологии переработки натурального каучука», тогда как Чарльз Гудьир не упоминается совсем. В отечественной литературе [Маслов, 1936; Гусев, Бутенко, 1983] также, к сожалению, приведена не совсем верная информация об изобретении вулканизированной резины.

Пять столетий, прошедших с того времени как каучук стал известен европейцам, спрессованы нами в полсотни страниц журнального текста, при этом мы постарались не пропустить важнейшие даты и события. Первые два с половиной столетия можно условно назвать испанским периодом, за которым последовало приблизительно столетия французского. Весь XIX век можно считать англо-американским периодом, а XX и начало XXI, исходя из нынешнего места массового произрастания гевеи и производства натурального каучука - периодом Юго-Восточной Азии.

Другие страны, в частности США и СССР, на протяжении XX-го столетия среди растений умеренного климата весьма активно искали альтернативу гевейному каучуку. В настоящее время в США вновь производится в относительно небольших масштабах каучук из кустарника гваюлы, выращиваемого на плантациях. В России сейчас своего натурального каучука нет, но когда-то в СССР натуральный каучук добывался в довольно ощутимых количествах. Сильный толчок поиску отечественных каучуконосов тогда дало выступление тов. И.В. Сталина «О задачах хозяйственников», сделанное им

на Первой всесоюзной конференции работников социалистической промышленности» 4 февраля 1931 г., где он буквально сказал следующее: «У нас имеется в стране все, кроме разве каучука. Но через год-два и каучук мы будем иметь в своем распоряжении» [Сталин, 1951]. В результате через некоторое время каучуконосом №1 у нас в стране стал одуванчик кок-сагыз, без малого в течение двух десятилетий возделываемый на отечественных плантациях, коими служили поля каучукпромхозов целого ряда краев, областей и республик. В этой связи некоторое внимание в статье будет уделено отечественной резиновой промышленности и вопросам получения для нее натурального сырья.

В имеющемся в конце статьи Приложении 1 в хронологическом порядке приведены наиболее знаковые события, связанные с каучуком с указанием места (страны), где они произошли, частично взятые нами из англоязычного ресурса <http://www.bouncing-balls.com/timeline/timeline0.htm>, но претерпевшие нашу редакцию; при этом мы также внесли в этот перечень ряд важных дополнений и комментариев. В Приложении 2 мы привели список растений-каучуконосов, характеризующихся относительно высоким содержанием каучука в своих тканях и сгруппированных по семействам. Приложение 3 содержит информацию за 2013 г. по некоторым странам - основным производителям натурального каучука.

#### **Краткая давняя история каучукоделия**

В настоящее время натуральный каучук и изделия из него доступны всему человечеству. Но так было не всегда, поскольку такие растения-каучуконосы с хорошим выходом латекса растут не везде, а глобальной торговли когда-то еще не было. При этом некоторые народы издревле могли пользоваться «резинотехническими изделиями», добываемыми/изготавливаемыми ими из даров местной флоры. Археологические раскопки свидетельствуют, что фактически древние народы Мезоамерики знали способ коагуляции латекса для превращения его в подобие современной резины, опередив в этом европейцев на 3500 лет. Так, во время раскопок археологи в Центральной Америке находят различные изделия из такой резины в виде фигурок людей, деревянных инструментов, рукоятки которых обернуты резиной, каменных инструментов с черенками из резины, шаров и мячей разных диаметров, служивших, видимо, для определенных ритуалов в виде особых игр на специальных полях.

<sup>5</sup> Найденными нами, в том числе на платном ресурсе <http://forgottenbooks.com>



Рис. 1. Одно из типичных полей, где древние народы Мезоамерики вели игры с мячами, изготовленными из латекса дерева *Castilla elastica*

Необычное свойство таких шаров отскакивать от поверхностей, наверное, и послужило основанием для жрецов считать их волшебными. Некоторые народности Мезоамерики, возможно, относились к таким изделиям не с аналогичным пиететом, используя их в обычных играх. Так, в литературе приводятся даже некие правила игры, и описывается защитная экипировка игроков [Loadman, 2004].

Самыми древними, найденными при раскопках ольмекской культуры резиновыми шарами, считаются 12 артефактов, радиоуглеродный анализ которых показал, что они изготовлены за 1600 лет до н.э. Шесть из них имели диаметр от 13 до 30 см и весили от 0,5 до 7 кг [цит. по Hosler et al., 1999]. Проведенные ЯМР-анализ, ИК-Фурье анализ показали, что эти шары изготовлены из латекса Кастильи эластичной *Castilla elastica* (крупного дерева семейства тутовых, произрастающего в Центральной Америке), превращенного в результате коагуляции в подобие резины соком другого растения – *Ipomoea alba* [Hosler et al., 1999]. Эти авторы наблюдали как местные сборщики латекса воспроизвели технологию ацтеков, смешав 750 мл латекса кастильи и 50 мл экстракта ипомеи, что через 15 минут привело к образованию белой массы, которую они сформовали (скатали) в аналогичный древним шар диаметром 9,5 см, обладающий хорошей упругостью. Известно, что древние мезоамериканцы нагревали свои изделия. Выдерживая в лабораторных условиях при 200°C в течение часа некоагулированный и коагулированный соком ипомеи латекс кастильи, авторам цитируемой статьи удалось выяснить, что последний приобретает в итоге нужную эластичность. Желая выяснить действующее начало экстракта ипомеи, Hosler и соавторы пришли к заключению, что сшивки вызывают атомы серы, присутствующие в этом растении в виде сульфокислот. Также сохранились записи одного из хроникеров испанских конкистадоров, отмечавшего, что в начале XVI-го века аборигенное население смешивало латекс одного растения (кастильи) с соком другого (ипомеи) и происходила коагуляция [цит. по Hosler et al.,

1999]. Тем самым можно констатировать, что эта технология пережила не просто века, а тысячелетия.

Как это ни удивительно, но в течение следующих двух с половиной столетий испанцы не пытались как-то использовать в практических целях данный материал. Они лишь каждый раз после очередного плавания сообщали, что видели такие изделия аборигенов и как они ими изготавливаются. Описывали также их ритуальные и спортивные игры такими шарами. Фактически отношение к каучуку и к изделиям из него воспринималось как некий курьез. Отношение к каучуку стало меняться после экспедиций французской академии наук, имевших место в середине XVIII столетия, благодаря двум французам – Шарлю Мари де ла Кондамину<sup>6</sup> (Charles de la Condamine) и Francois Fresneau. Первый был весьма разносторонней личностью – служил некоторое время в армии, интересовался астрономией, математикой, химией, ботаникой, был поэтом и при этом еще другом Вольтера. Когда представилась возможность отправиться в длительную экспедицию в Эквадор – он поехал и пробыл в Южной Америке около 10 лет.<sup>7</sup>

Вскоре после прибытия в 1736 г. в Кито де ла Кондамин отправил во Францию посылку с листами/пластинами подсушенного каучука, сопроводив их подробным описанием происхождения и продукции этого вещества. Так, он первым из европейцев употребил слово *Nhévé*<sup>8,9</sup>, которым местное население называло

<sup>6</sup> Шарль Мари де ла Кондамин в 1754 г. был избран Почетным иностранным членом Петербургской академии наук.

<sup>7</sup> Хотя это не имеет прямого отношения к теме данной статьи, но в связи с тем, что хинное дерево будет нами еще упоминаться, можем заметить, что де ла Кондамин в те годы были описаны процесс лечения малярии хинином и само дерево *quinquina* из которого это вещество и добывалось. К.Линней в 1742 г. назвал этот род растений *Cinchona*.

<sup>8</sup> К сожалению, во многих современных статьях вместо оригинального де ла Кондаминового *Nhévé* авторы, цитируя де ла Кондамина, приводят просто *hévé*, что с точки зрения французского языка будет не совсем правильно произноситься.

<sup>9</sup> Данное название дерева Кастильи эластичной из семейства тутовых на языке эквадорских индейцев, звучащее как *Hévé*, послужило потом для обозначения другого рода деревьев уже как *Hevea* из семейства молочайных. Не отмечаемый, к сожалению, в большинстве современных работ конфуз заключается в том, что де ла Кондамин имел дело с совершенно другим растением – *Castilla elastica*, поскольку настоящая *Hevea brasiliensis* в тех местах не произрастает.

дерево, из которого они получали млечный сок или латекс (также де ла Кондамино предложено слово, как некое производное от испанского la leche, означавшего молоко). Позднее де ла Кондамин довольно детально описал процесс окулировки латекса в ходе превращения его в каучук. Им было также описано как индейцы изготавливают бутылки для хранения жидкостей, непромокаемую обувь из каучука, используя разбиваемые затем формы из глины.

Уже перед возвращением на родину де ла Кондамин встретил своего соотечественника, работавшего инженером во Французской Гвиане и интересовавшегося ботаникой Francois Fresneau, с которым он подружился и сумел зародить у того интерес к каучуковым деревьям. F.Fresneau стал первым европейцем, почувствовавшим пригодность этого материала для практических целей. К 1751 г. F.Fresneau собрал довольно обширный материал по каучуку и, сопроводив его многочисленными рисунками уже настоящей гевеи, которая к тому времени еще не получила своего латинского обозначения, послал во Францию министру по колониям, который передал этот материал во французскую академию, где его представил де ла Кондамин, после чего вместе с ранними заметками докладчика в 1755 г. вышла их статья, явившаяся первой научной публикацией по гевее [Fresneau, de la Condamine, 1755]. В этой статье ими упоминается, что деревья, дающие белый латекс, превращающийся затем в каучук, в разных местностях называют по-разному. Так, близ города Пара, их называют Seringue, что португальски означает спринцовку, подобие которых изготавливалось путем копчения сока этих деревьев, крутя над костром глиняную форму в виде груши, политую латексом; жители окрестностей города Кито называли такие деревья Hneve, а близ города Манаус в обиходе было слово Caoutchouc. Причем, это были все же разные виды деревьев-каучуконосов. Впоследствии F.Fresneau продолжал исследования каучука и его свойств и в 1763 г., в частности, предложил в качестве растворителя использовать скипидар, но эти результаты были у него по существу украдены, о чем будет говориться в Приложении 1. Во второй половине XVIII-го столетия, благодаря трудам F.Fresneau ряд других французских ученых занялись изготовлением резиновых трубок, катетеров, научились покрывать сферы для воздухоплавания, наполняемые водородом, каучуковым раствором.

Возвращаясь к самому дереву Hévé, точнее к гевее, необходимо отметить, что в 1775 г. ботаник J.B.C. Fusée-Aublet во Французской Гвиане описал его как *Hevea guyahensis*. Четыре года спустя L.C.Richard переименовал это дерево и оно стало носить другие родовое и видовое обозначения, став *Siphonia elastica*. Еще через два года Gmelin предложил гевею называть

*Caoutchoua elastica*. Лишь в 1811 г. директор Берлинского ботанического сада Willdenhow дал этому виду его современное название – *Hevea brasiliensis*. На этом переименования гевеи не закончились и шли все XIX-ое столетие, что довольно подробно изложено в специальной статье, посвященной ботаническому описанию гевеи и родственных видов [Schultes, 1970].

В качестве подтверждения, что на рубеже XVIII и XIX веков думали и о других каучуконосах, можем сослаться на попавшуюся нам на глаза статью 1800 г., в которой дается первое описание каучуконосной лианы из Суматры [Roxburgh, 1800]. Так, автор сообщает, что ему был прислан хорошо сохранившийся образец лианы с листьями, цветами, плодами, благодаря чему удалось установить его местоположение в Линнеевской системе растений. Им были присвоены родовое и видовое названия этому растению – *Urceola elastica*. При этом W.Roxburgh не ограничился одним чисто ботаническим описанием этого нового вида растений, а получил из него латекс, который подверг коагуляции и изготовил аналог стирательной резинки, отметив, что она способна стирать написанное графитовым карандашом не хуже чем настоящая India-Rubber. Также он обнаружил, что каучук из *Urceola elastica* как и каучук из Южной Америки растворяется в скипидаре. Подвергнув каучук из *Urceola* обработке азотной и серной кислотами, он наблюдал происходящее обугливание при воздействии последней, но отметил, что при разбавлении серной кислоты равным объемом воды, видимых изменений с каучуком уже не произошло.<sup>10</sup> Возможно W.Roxburgh в своих опытах был в шаге от открытия процесса вулканизации.

#### **Краткая недавняя история каучукоделия.**

##### ***Люди, заложившие основу современного производства резины из натурального каучука<sup>11</sup>***

Как уже говорилось выше – есть растения, изменившие мир. И каучуконосы, включая, конечно же, гевею из их числа. Сами эти растения не смогли бы оказать такого сильного влияния на развитие цивилизации, если бы не люди<sup>12</sup>, которые смогли открыть их чудесные свойства, а затем и изменить их так как надо человечеству. В предыдущей и

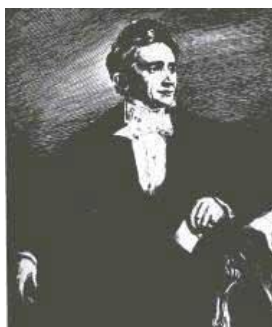
<sup>10</sup> Нагреть бы ему эту смесь, да и выдержать еще потом какое-то время!

<sup>11</sup> Про одного из таких людей – H.N.Ridley логичнее оказалось написать в другой главе, что мы и сделали.

<sup>12</sup> Коренное отличие ученых от, например, художников заключается в том, что не появившись на свете некий художник то миру никогда не будет явлен сотворенный именно им какой-нибудь шедевр, тогда как прогресс науки не остановить и рано или поздно конкретные научные открытия неизбежно будут кем-то обязательно сделаны, что, впрочем, не умаляет заслуг тех, кто сумел их сделать первыми.

последующей главах данной статьи уже упоминались и далее будут упоминаться отдельные личности, сыгравшие заметную роль в обнаружении и продвижении каучука в современную жизнь, но все же две фамилии заслуживают особого отношения.

Мы здесь немного нарушим хронологию изложения событий по причине того, что американец Чарльз Гудьир (Charles Goodyear), позже многих других подключившийся к проблеме натурального каучука, внес самый заметный вклад в ее решение. Так, фактически новая эра в изучении натурального



каучука началась после того как летом 1834 г. Ч.Гудьир посетил розничный магазин фирмы Roxbury India Rubber Co – первого производителя в США резиновых изделий. Ч.Гудьир показал менеджеру изобретенный им клапан, но те не входили в выпускаемый ими ассортимент продукции и менеджер лишь отрицательно покачал головой, но обратил внимание Ч.Гудьира на стенд с их резиновыми товарами, материалом которых последний в итоге заинтересовался настолько, что даже посвятил им всю свою дальнейшую жизнь.



Рис. 2. Чарльз Гудьир (Charles Goodyear), род. 29 декабря 1800 г. в Нью-Хейвене, умер 1 июля 1860 г. в Нью-Йорке. На рисунке слева изображен портрет Ч.Гудьира, нарисованный G.P.A.Healey на пластине жесткой резины (эбоните), представленный в 1855 г. на всемирной Парижской выставке. Справа – карандашный портрет Ч.Гудьира неизвестного нам автора.

Ч.Гудьир достоин приведения здесь двух своих портретов потому что, во-первых, разработал прорывную технологию преобразования нативного каучукового латекса, который, превратившись в вулканизированную резину, стал после этого широко использоваться в различных отраслях промышленности, а во-вторых, другой причиной является то, что один из этих портретов изготовлен на жесткой вулканизированной резине (эбоните) и его просто нельзя не привести ввиду оригинальности материала, выбранного в качестве «холста» для изображения этого выдающегося человека, хотя честь изготовления эбонита первым принадлежит его конкуренту Т.Хэнкоку. Однако брат Гудьира - N.Goodyear несколько позже получил на свой эбонит американский патент в 1851 г. [Goodyear, 1851].

Каучук был, безусловно, интересным материалом, но тогда очень несовершенным, поскольку в жару становился липким, а в холод – хрупким. Необходимо было его модифицировать, но как это сделать?! Не будучи химиком, Ч.Гудьир, тем не менее, взялся за дело и проявил себя как выдающийся изобретатель. Он стал экспериментировать с этим материалом фактически на кухне, где они с женой и маленькой дочерью произвели потом несколько сот пар резиновых галош, припудренных магнезией и тальком для уменьшения липкости, основав затем фирму Goodyear Metallic Rubber Shoe Company. Затем он стал

экспериментировать с обработкой каучука азотной кислотой и достиг определенных успехов. В 1837 г. Ч.Гудьиром был получен американский патент No 240 [Goodyear, 1837], в котором были изложены некоторые новшества по улучшению качества резиновых изделий. Спустя год Ч.Гудьир получает новый патент, описывающий улучшения в производстве обуви из каучука [Goodyear, 1838], после чего происходит знаменательная встреча Ч.Гудьира с другим американским изобретателем N.Hayward, который в то время разработал способ «соляризации» каучука, при котором раствор каучука в скипидаре смешивался с серой и подвергался воздействию солнечных лучей, что, по сути, являло собой некий прообраз настоящей вулканизации.<sup>13</sup> В 1839 г. N.Hayward получил патент США на этот способ за номером 1,090 [Hayward, 1839],

<sup>13</sup> Справедливости ради следует заметить, что еще в 1832 г. немецкий химик F.W.Lüddersdorf в Лейпцигском журнале Journal für Technische und Ökonomische Chemie опубликовал работу Auflösen und Wiederherstellen des Federharzes genannt: Gummielastikum; zur Darstellung luft- und wasserdichter Gegenstände, в которой описал эксперименты по взаимодействию серы с каучуком, но ни он, ни другие его европейские коллеги не придали этим результатам серьезного значения. Знал ли об этой работе N.Hayward нам неизвестно.

права на который у него тут же приобрел Ч.Гудьир и, продолжая экспериментировать в этом направлении, применив высокотемпературный нагрев смеси каучука, серы и свинцового глета, он добился, что резина становилась нелипкой и упругой. Собственно это произошло отчасти случайно после того Ч.Гудьир по неосторожности пролил на горячую плиту данную смесь. Таким образом, резина в нынешнем ее понимании появилась уже в 1839 г., но этот самый знаменитый патент No 3,633 Ч.Гудьира датирован лишь 15 июня 1844 г. (заявка была подана 30 января 1844 г.)<sup>14</sup>. А до этого он продолжал эксперименты и пытался выйти на другие рынки, в частности Великобритании, где уже с начала 1820-х гг. имело место довольно широкомасштабное производство различных резиновых изделий из натурального липкого каучука.

Всего Ч.Гудьиром в общей сложности в разных странах (преимущественно в США, Великобритании и Франции) получено около сотни патентов, значительная часть которых так или иначе связана с каучуком или гуттаперчей [Calzonetti, Laursen, 2010]. Список этих патентов также можно найти в интернете на сайте американского Университета Акрон в штате Огайо - <https://www.uakron.edu/libraries/about/collections.dot?currentPage=1>. Однако несмотря на коммерческую ценность большинства из них, после внезапной смерти Ч.Гудьира в 1860 г. он оставил долгов на 200 тысяч долларов. Его сын Чарльз Гудьир мл. продолжил начатое дело и для улучшения бизнеса подал прошение на продление действия основного патента отца за номером 3,633, которое было удовлетворено сроком на 7 лет.

В 1853 г. Ч.Гудьир опубликовал свое двухтомное сочинение GUM-ELASTIC, в котором подробно изложил сложившуюся к тому времени ситуацию вокруг каучука и вулканизированной резины [Goodyear, 1853; 1853a]. В 1898 г. братья F.Seiberling и C.Sieberling основали компанию Goodyear Tire & Rubber Co, названную в честь Чарльза Гудьира, но последний не имеет к ней другого отношения. Ч.Гудьир происходил из изобретательской семьи. Его отцу принадлежало несколько патентов на сельскохозяйственную технику и инструменты. Брат и сын Ч.Гудьира имели более 20 патентов, связанных с каучуком и резиной [Calzonetti, Laursen, 2010]. По словам Н.Гудьира - правнука Ч.Гудьира 57 членам семьи (клана) Гудьиров принадлежит в общей сложности более 500 патентов и по этому показателю

она уступает в США лишь клану другого великого изобретателя Т.Эдисона.

Не так давно международный коллектив авторов выполнил работу по исследованию с помощью ЯМР-спектроскопии и инфракрасной Фурье-спектроскопии состава резинового медальона с изображением Ч.Гудьира, изготовленного им самим [Raue et al., 2014]. Оказалось, что в состав этой резины не входил свинец, из чего авторы сделали вывод, что Ч.Гудьир использовал разные составы, а не только тот, что описан в его основном патенте, что, впрочем, и так ясно из остальных патентов этого выдающегося изобретателя.

Другим человеком, сделавшим очень много для становления резиновой промышленности в Великобритании, был англичанин Томас Хэнкок (Thomas Hancock), но по некоторым соображениям, которые, надеемся, станут понятны, сначала вспомним другого англичанина, фактически незаслуженно забытого, хотя он сыграл достаточно заметную роль в вопросах патентования способа получения вулканизированной резины. Им является Stephen Moulton. Он также немало сделал для становления резиновой промышленности в Великобритании и создания конкуренции, способствующей улучшению качества товаров, хотя его роль во всей «резиновой» истории оказалась не самой лучшей. Так, в 1839 г. он объявился в США и познакомился с Ч.Гудьиром. В 1842 г. американская фирма The Rider Brothers, намереваясь выйти на рынок Великобритании и воспользовавшись дружбой S.Moulton с Ч.Гудьиром и тем, что он - англичанин уговорила его взять у Ч.Гудьира образцы вулканизированной резины чтобы показать их на его родине заинтересованным бизнесменам, главным из которых был, безусловно, Т.Хэнкок. Одной из причин их такого действия было то, что Ч.Гудьир не патентовал свое изобретение, а они хотели уверенности вложения денег. Но как бы то ни было на S.Moulton лежит ответственность за то, что образцы вулканизированной резины Ч.Гудьира попали в руки Т.Хэнкока, который воспользовался этим и смог определить, что в состав такой резины входит сера. Это позволило ему через какое-то время подать заявку на патент, опередив настоящего изобретателя этого процесса Ч.Гудьира на 8 недель, из-за чего патент последнего не имел силы в Великобритании со всеми вытекающими из этого коммерческими последствиями. Но во многом виноват сам Ч.Гудьир, тянувший с патентованием своей разработки, о чем выше мы уже упоминали. S.Moulton, не добившись каких-либо результатов вернулся в США, а затем разочарованный таким поворотом событий уехал обратно в Англию, где при поддержке той же фирмы организовал собственное

<sup>14</sup> Этот случай с патентованием изобретения Ч.Гудьиром, как будет видно из дальнейшего изложения, лишний раз показывает, что получение патентов откладывать никак нельзя.

производство вулканизированного каучука, а с помощью одного химика разработал и запатентовал новый способ вулканизации, в котором в отличие от Ч.Гудьера и Т.Хэнкока использовал не порошковую серу с окисью свинца, а гипосульфит свинца. Однако Т.Хэнкок смириться с этим не мог и между ними много лет шла судебная тяжба, в которой в итоге победу одержал Т.Хэнкок, заставив S.Moulton приобрести у него лицензию. Здесь можно еще заметить, что фирма, организованная S.Moulton, меняя названия, функционировала вплоть до 1993 г.

Возвращаясь в XIX столетие, надо сказать, что Т.Хэнкок раньше своих основных конкурентов занялся каучуком и изготовлением различных изделий из этого материала. Так, он заинтересовался каучуком еще в 1819 г., желая сделать водонепроницаемые накидки. Но его первый патент, датированный 29 апреля 1820 г., касался изготовления на основе каучука эластичных материалов для крепления различных частей широкого ассортимента мужской и женской верхней и нижней одежды – для тех мест, где требовалось некоторое натяжение – на запястья перчаток, для подтяжек брюк, подвязок для чулок<sup>15</sup>, на карманы и пр.



Рис. 3. Томас Хэнкок (Thomas Hancock), род. 8 мая 1786 г. в Мальборо, умер 26 марта 1865 г. в Лондоне.

Столкнувшись с тем, что при изготовлении всех этих изделий много каучука идет в обрезки, которые хорошо бы было опять пускать в дело Т.Хэнкок в 1820 г. изобрел так называемый мастикатор, представляющий собой измельчительную машину. Но патентовать ее сразу не стал, решив сохранять в секрете ее конструкцию и на этом зарабатывать. Однако нельзя сравнивать машину для измельчения и принцип получения нового материала, с которым, конечно же, надо было

<sup>15</sup> Хотя имеются сведения, что эластичные подвязки из сплетенных с хлопком каучуковых нитей производились в Париже еще в 1803 г. [Baulkwill, 1989]. В своей статье 1800 г. J.Howison [1800] в связи с гум-эластиком упоминает и чулки и перчатки.

спешить. Лишь в 1837 г. Т.Хэнкок получил патент на данное устройство, которое за это время было им заметно усовершенствовано и масштабировано. Т.Хэнкок стал к тому времени крупнейшим в мире производителем изделий из каучука.

Еще в 1818 г. шотландский студент-химик James Sume обнаружил, что продукт перегонки каменного угля - нефтяная смола является хорошим растворителем для каучука. Этот сольвент позже был использован шотландским химиком и изобретателем Чарльзом Макинтошем для изготовления водонепроницаемых тканей, на что им в 1823 г. был получен соответствующий патент<sup>16</sup>. Причем такие плащи в дождливой Англии пользовались большой популярностью и вошли в историю под названием «макинтошей», сделав фамилию автора нарицательной. Но такой успех случился лишь после того как Ч.Макинтош объединил свои усилия с Т.Хэнкоком, поскольку последний предложил более передовой вариант пропитки тканей каучуком.

Надо отдать должное Т.Хэнкоку, в том, что он первым в 1843 г. запатентовал эбонит, который изготовил, смешав с каучуком серу в большом количестве (до 30%) и опередив своих конкурентов по этому материалу, нашедшему широкое применение. В общей сложности Т.Хэнкоком получено не менее 16 патентов, связанных с каучуком. Что касается патента Т.Хэнкока, в котором описывается способ получения вулканизированного каучука «Improvements in the preparation or manufacture of caoutchouc in combination with other substances, which preparation or manufacture is suitable for rendering leather cloth and other fabrics waterproof, and to various other purposes for which caoutchouc is employed» от 21 ноября 1843 г., история с ним не очень красивая. Как уже говорилось выше, Т.Хэнкок незадолго до того как его подать сумел заполучить образцы вулканизированной резины, изготовленной Ч.Гудьером и обнаружить в ней присутствие серы.

Т.Хэнкок, видимо, будучи инспирированным двухтомником Ч.Гудьера, 21 ноября 1856 завершил написание своей рукописи, которую в следующем году опубликовал в виде книги [Hancock, 1857], где изложил собственное видение развития каучуковой промышленности в Англии, приведя, в том числе, 14 своих патентов и украсив книгу многочисленными рисунками производимых его фирмой различных изделий из резины или с ее применением, как

<sup>16</sup> Здесь можно заметить, что встречаются упоминания о том, что еще в 1791 г. англичанин Samuel Peal изготавливал водонепроницаемую одежду, покрывая ее раствором каучука в скипидаре.

вулканизированной, так и еще нет, а также приведу ряд рисунков каучуконосных растений *Hancornia speciosa*, *Urceola elastica*, *Ficus elastica*, а также гевею, назвав ее по-старому *Siphonia elastica*. В этом своем «личном рассказе» он отмечает, что эксперименты с каучуком и серой проводил давно, но упоминает, что его друг W.Brockendon показывал ему американские образцы каучука, обработанные серой. Поскольку в связи с английской заявкой на патент Ч.Гудьира имело место судебное разбирательство, то ряд английских химиков под присягой заявляли, что даже, если бы Т.Хэнкок проанализировал состав резины Ч.Гудьира, этого бы не было достаточно, чтобы, только основываясь на этих данных, предложить способ вулканизации каучука. Здесь надо отдать должное W.Brockendon, поскольку прочно и быстро вошедший в обиход сам термин «вулканизация» был предложен именно им, оттолкнувшись от имени бога огня Вулкана в древнеримской мифологии, а Ч.Гудьир хотя и придумал сам этот способ так его не назвал, использовав для такой резины не прижившееся определение *metallic gum-elastic*. Однако химик A.Parkes (открывший позже процесс холодной вулканизации) заявлял, что слышал от Т.Хэнкока и W.Brockendon о проводимом ими анализе образцов Ч.Гудьира, и именно это помогло им понять что и как надо делать с каучуком. В настоящее время многие сходятся во мнении, что правды в этом вопросе так никогда и не установить.

На проходивших в 1851 г. в Лондоне и в 1855 г. в Париже всемирных выставках вулканизированный каучук был в центре внимания, где очень большой стенд принадлежал фирме Т.Хэнкока. При этом Ч.Гудьир завоевал все основные призы.

В XIX веке занимались каучуком и профессиональные ученые. Так, известнейший английский физик М.Фарадей не обошел своим вниманием и каучук<sup>17</sup> и фактически первым определил его элементный состав<sup>18</sup>, состоящий из

<sup>17</sup> М.Фарадей в самом начале своей статьи упоминает, что материал для исследований был ему любезно предоставлен Т.Хэнкоком.

<sup>18</sup> Следует заметить, что М.Фарадей в этой своей статье указал, что его данные о том, что каучук состоит из двух элементов – углерода и водорода совпадают с результатами Dr. A.Ure, при этом он не привел данную работу в списке литературы (для дальнейшего чтения) и для нас она осталась неизвестной, хотя следующей статьей в этом номере идет как раз статья A.Ure [1826], но она посвящена исследованию химического состава хлопка и его окрашиванию. Так что возможно М.Фарадей и не был первым, кто установил элементный состав

двух элементов – углерода и водорода, обнаруженных им в следующих весовых соотношениях – C:H = 6,812:1,000 [Faraday, 1826], что соответствует эмпирической формуле C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>. Но не менее интересным является указанный им состав оригинального латекса гевеи. Так, по данным М.Фарадея, приведенным им в расчете на 1000 частей, самого каучука насчитывается 317 частей, белкового преципитата – 19; окрашенного материала с высоким содержанием азота, включая воска – 71,3 части; субстанции, растворимой в воде и нерастворимой в алкоголе – 29 частей. На долю воды, кислот и прочего пришлось по его оценкам – 563,7 части.

К эмпирической и структурной формулам натурального каучука мы еще вернемся в соответствующей главе, а пока рассмотрим вопросы добычи исходного сырья – латекса из гевеи и некоторых других растений – источников каучука.

#### «Каучуковая лихорадка»

После возникновения автомобильной промышленности и появления пневматических шин спрос на каучук и цены на него настолько резко выросли, что его добыча стала напоминать «каучуковую лихорадку», охватившую в конце XIX столетия ряд латиноамериканских стран бассейна Амазонки. Наибольший размах она получила в Бразилии, производившей из гевеи около 88% всего каучукового сырья и потому утопавшей тогда в роскоши. Столицей бразильской каучуковой империи стал основанный еще в 1669 г. при впадении реки Рио-Негро в Амазонку Манаус, который очень быстро из некогда жалкой деревеньки стал городом с 75-ти тысячным населением, в котором были построены великолепные особняки и настоящие дворцы. Все лучшее что было в мире на тот момент скупалось и привозилось в Манаус, а о расточительности тамошних каучуковых баронов ходили настоящие легенды. Стоимость жизни в Манаусе была выше таковой в Нью-Йорке в 5 раз. Но все закончилось практически столь же быстро, как и началось. Но почему так произошло – изложим в следующей главе.

Новый всплеск (приступ) каучуковой лихорадки в Бразилии имел место в годы второй мировой войны, когда в 1942 - 1945 гг. японские милитаристы захватили большинство европейских колоний в Юго-Восточной Азии, тем самым отрезав промышленность США и Великобритании, остро нуждавшихся в годы войны в каучуке, от источников сырья. В этой ситуации вновь возник спрос на сырье из Бразилии, которая опять немного пошиковала.

каучука, но во всей современной литературе имя A.Ure в связи с каучуком не вспоминается вовсе.

СССР в годы Великой Отечественной войны вышел из положения за счет отечественного каучуконоса кок-сагыза, а также наладив производство синтетического каучука.

На рубеже XIX и XX столетий тоже в рамках каучуковой лихорадки возник еще один центр добычи каучука из дикой флоры, явившийся результатом экспедиций по центральной Африке англичанина Н.М. Stanley, который, не найдя поначалу поддержки в Англии, обратился с предложением добывать там каучук к королю Бельгии Леопольду Второму. Леопольд спланировал все достаточно продуманно и заранее заручился поддержкой ряда стран для организации на территории бельгийского Конго так называемого Конголезского свободного штата, поддержанного в 1884 г. Конгрессом и Сенатом США, где этот король стал полновластным хозяином. В итоге, в Конго в связи с добычей каучука преимущественно из ряда видов крупных каучуконосных лиан рода *Landolphia* фактически имело место преступление против человечества, когда местное население нещадно истреблялось, если отказывалось собирать латекс. Так, одним из правителей цивилизованной Европы использовался самый что ни на есть рабский труд, приведший к сокращению населения Конго,

насчитывающего в конце 1880-х гг. около 25 миллионов человек, за всего двадцать лет до 8,5 миллионов. Численность конголезцев продолжала еще уменьшаться, поскольку генофонду нации был нанесен гигантский ущерб. Так, в 1923 г. их было уже лишь 7,7 миллиона, но к середине 1930-х гг. ситуация начала понемногу выправляться и наметился даже небольшой рост, выразившийся в увеличении числа жителей на 1-2 миллиона. И все это, по некоторым оценкам за все те годы, позволило добыть менее 100 тысяч тонн каучука, начавшихся с 30 тонн в 1887 г. и достигших максимума к 1906 г., измеряемого 30 тысячами тонн. Если сопоставить с утраченными человеческими жизнями, то каждая будет равна лишь нескольким килограммам латекса. Безусловно, прогрессивная часть человечества боролась с данным режимом, но настоящее избавление пришло лишь со смертью предположительно от рака этого тирана в 1909 г.

В качестве подтверждения имевшей место «каучуковой лихорадки» в конце XIX века служит табл. 1, где приведено мировое потребление каучука за почти столетний период с наметившимся сильным ростом в последние десятилетия XIX и первом десятилетии XX веков. Видно, что до 1880 г. Англия опережала все страны, уступив затем первую позицию США.

Табл. 1

Потребление каучука за 1830-1910 гг. по странам (в метрических тоннах)

Год	Англия	США	Россия	Германия	Франция	Другие страны
1830	23	нет сведений	-	-	-	-
1840	312	нет сведений	?	-	-	-
1850	391	1000	?	-	-	-
1860	2187	1800	?	-	-	-
1870	7779	4365	?	-	-	-
1880	8615	8239	?	-	-	-
1890	13412	15582	?	-	-	-
1900	11159	20634	4293	8652	2520	6200
1910	20782	42887	7349	13951	3800	12181

[по Baulkwill, 1989, с некоторыми изменениями]

Из приведенных в таблице 1 данных следует, что помимо Англии и США все остальные страны лишь с 1900 г. (кроме России) начали использовать каучук в промышленности. Может быть и так. Но что касается России, то в ней резиновая промышленность появилась еще в 1832 г. и на протяжении XIX столетия довольно активно развивалась. Это не могло происходить без потребления каучука, однако, возможно, что действительно не сохранились сведений об импорте каучука Россией в те годы, о чем можно судить по книге «Русская резиновая промышленность за 1832 – 1922 гг.» (к которой вернемся ниже), где эта информация отсутствует, при том, что буквально по годам указано - сколько пар галош и на какую сумму

какие фабрики произвели на внутренний и внешний рынки.

#### *Доместикация гевеи и организация плантаций*

Поскольку Англия была одним из основных мест, где с первой половины XIX века активно развивалось производство различных изделий из каучука, в том числе с середины века и из вулканизированного, то их желание не покупать дорогое сырье в Бразилии, а выращивать гевею в собственных колониях с подходящим климатом было вполне объяснимо. Но для этого надо было гевею *H. brasiliensis* интродуцировать в эти страны (Индию, Цейлон, Малайю и др.) для чего сначала надо было раздобыть семена этого дерева.

В те времена, когда мировое потребление каучука ограничивалось преимущественно обувью, элементами верхней и нижней одеждой, шлангами и некоторыми другими предметами обихода дико- и редкорастущие экземпляры гевеи вкупе с другими каучуконосами тех лет обеспечивали спрос. Но в связи с началом изготовления пневматических автомобильных шин спрос стал резко расти, и требовалось добывать каучук все с большего числа деревьев гевеи, потеснившей к тому времени своих конкурентов-каучуконосов. Причем в Бразилии добыча латекса часто велась довольно варварским способом, когда дерево спиливалось, и весь вытекавший из него млечный сок собирался. Такой подход объяснялся тем, что в сельве Амазонки считалось, что растет до 300 миллионов деревьев гевеи [Whitford, 1926] и это количество позволяло их губить, спиливая. Тем более, что каждое дерево отстоит от другого на внушительном расстоянии и каждодневно переходить от дерева к дереву, понемногу собирая вытекающий латекс, сборщикам было очень неудобно. Попытка создания плантаций гевеи на их родине в Бразилии завершилась неудачей из-за размножавшегося опасного патогена гевеи, но к этому вопросу ниже мы еще не раз вернемся.

Считается, что идею выращивать южноамериканское каучуковое дерево в других более подходящих для англичан местах Планеты впервые высказал еще в 1791 г. James Anderson. Только спустя несколько десятилетий она приобрела некие реальные очертания. Так, лишь в начале 1870-х гг. выполнить эту затею взялся новый директор Королевского ботанического сада в Кью сэр J.D.Hooker.<sup>19</sup> Как раз в те годы сэр С.Markham, получивший от королевы Виктории рыцарский титул за интродукцию при участии садовника ботсада в Кью R.M.Cross хинного дерева в Индию и ставший главой Королевского географического общества, горячо воспринял эту новую идею. Он сумел уговорить бразильского консула предоставить некоторое количество семян гевеи. Хотя сейчас во многих источниках утверждается, что Бразилия запрещала вывоз семян гевеи чуть ли не под страхом смерти – доказательств этому похоже нет, хотя вроде бы существовали ограничения на вывоз семян ореха урукури, использующегося для окуливания подсыхающего латекса гевеи. Как бы то ни было, в 1873 г. удалось привезти в Англию первые две тысячи семян, собранных мистером Farris, однако из

них проросли лишь дюжина и те погибли (половина еще в Кью, а другая половина - в Калькутте). В литературе можно встретить также фамилии и других людей, имевших некоторое отношение к вывозу из Бразилии семян гевеи. Так, упоминается местный житель Ricardo Chavez, со своей командой в 1875 г. собравший 485 фунтов (220 кг) семян и доставивший их в India Office Великобритании, который располагался в Бразилии в г. Белем, где эти 4 бочки с семенами простояли некоторое время, но в мае 1875 г. были отправлены в Англию, откуда переправлены сразу в Индию, попав туда, однако, уже в безнадежном состоянии [Musgrave T., Musgrave W., 2000].

После неудачи с семенами от мистера Farris J.D.Hooker вспомнил, что он знает одного выходца из Англии Н.Wickham, проживавшего в бразильском городе Сантарем, и предложил за вознаграждение привезти новую партию семян в Англию. В 1876 г. тому удалось фактически контрабандой вывезти 70 тысяч семян гевеи, причем по некоторым сведениям это была его вторая попытка, поскольку первая в 1875 г. закончилась ничем. При этом история этого биопиратства, как его называют в самой Бразилии<sup>20</sup>, подорвавшего до некоторой степени их монополию на натуральный каучук, неоднократно пересказываемая самим Н.Wickham, содержала много расхождений, свидетельствующих, что рассказчику хотелось выглядеть более геройски в глазах соотечественников.

Есть и иные версии domestikации гевеи<sup>21</sup>. Так, под сомнение ставится сама доставка Н.Wickham этих 70 тысяч семян. В качестве аргументов выдвигаются множественные нестыковки в рассказах самого Н.Wickham об этом событии, даты отправки им писем в Англию и

<sup>20</sup> При этом Бразилия не вспоминает, что почти подобным образом она сама в 1727 г. разжила кофеинным деревом.

<sup>21</sup> В 1959 г. в ГДР М.Кюнне издал художественный роман о каучуке, переведенный позднее на русский язык [Кюнне, 1962], в котором приведенные курсивом изредка встречающиеся исторические факты (вызывающие некоторые сомнения и рождающие недоверие к ним) соседствуют с откровенным вымыслом автора, благодаря которому возникает еще одна версия похищения теми же действующими лицами семян гевеи из Бразилии. В этой книге также художественно изложена история каучука с 1541 г. по 1914 г., ставший годом начала Первой мировой войны. Будучи изданной в ГДР, книга несет в себе и некоторый отпечаток тогдашнего «социалистического» мировоззрения, дополнительно искажающего действительность.

<sup>19</sup> Хотя еще в 1855 г. его отцу сэру W.Hooker, когда тот занимал ту же должность директора ботсада в Кью, основатель резиновой промышленности Великобритании Т.Хэнкок предлагал осуществить эти намерения.

времени отплытия шхуны с грузом из Бразилии (причем нет отметки о посещении судном Сантарема, где проживал Н. Wickham и где он мог до поры складировать груз семян). Если представить, что под видом бразильских орехов, упомянутых в карго, могли перевозиться семена гевеи, то возникает вопрос – почему они были погружены в другом порту, до которого Н. Wickham надо было добираться 75 миль, тогда как он знал, что судно непременно проплывет мимо Сантарема спустя несколько часов. Наконец, весьма короткое время на сбор семян гевеи, при том, что семена очень быстро теряют всхожесть и заранее их заготовить невозможно. К тому же необходимо учесть, что тогда на своей родине в Бразилии деревья гевеи росли лишь в дикой природе, причем встречались довольно редко – одно-два дерева на акр (0,4 га) по причине большого видового разнообразия амазонских лесов. Более того, при созревании семян их коробочка-трехсемянка лопается со звуком винтовочного выстрела, и семена разлетаются во все стороны на 40 ярдов (36 м), после чего их необходимо искать в лесной подстилке и даже зарослях влажного тропического леса. Собирать неспелые – нелогично. Реально ли за короткое время собрать 70 тысяч семян с такими трудностями, а в упоминавшемся письме Н. Wickham в ботанический сад в Кью, датированным 6 марта, он указывает, что собирает только самые лучшие семена. Тем более, что в дневнике его жены говорится лишь об одном помощнике – мальчике-индейце. В литературе [Loadman, 1998] также отмечается, что 70 тысяч семян должны были весить около 700 кг, а с учетом листьев банана, которыми они перекладывались в корзинах, то и все полторы тонны. Но здесь все же стоит возразить и заметить, что семена гевеи весят обычно от 2,5 до 4 грамм и, следовательно, вес данной партии (самых семян) вряд ли превышал 250 кг. Важным аргументом не поставки этих семян, которые как бы были доставлены в Кью 14 июня, служит отсутствие упоминания о них в сохранившийся грузовой таможенной декларации от 12 июня 1876 г. шхуны *Amazonas*, прибывшей в порт разгрузки Ливерпуль 10 июня 1876 г., где, уже находясь на английской территории, скрывать информацию об этом грузе было не столь актуально. Тем более, что груз то был немаленький и мог весить не менее тонны. Есть сомнения относительно капитана судна - Н. Wickham упоминает *Murray*, тогда как по другим источникам им мог быть *J.L. Beesly* [Musgrave T., Musgrave W., 2000]. Но как бы то ни было, свои оговоренные 10 фунтов стерлингов за каждую тысячу жизнеспособных семян (в итоге без учета всхожести в отличие от первоначального договора) Н. Wickham, похоже,

получил. Позже в 1920 г. за свой такой вклад в создание плантаций гевеи в Юго-Восточной Азии он получил из рук королевы рыцарский орден. Но по заслугам ли?

Считается, что из доставленных Н. Wickham в Англию 70 тысяч семян проросли 2397 штук. В августе 1876 г. 1919 из них в специальных оранжереях для транспортировки растений типа *Wardian case* были отправлены в Цейлон и около 90% из них выдержали путешествие, продолжавшееся около месяца. Но также известно, что в ноябре 1876 г. еще и *R.M. Cross* доставил в Кью свыше тысячи растений гевеи, которые также затем расселялись по различным восточным английским провинциям. Начиная с августа 1876 г. по сентябрь 1877 г. из Кью было отправлено большое количество растений часто неясного происхождения (от Н. Wickham или *R.M. Cross* или *Farris*) в многочисленные английские колонии. В 1877 г. 22 сеянца попали в Сингапур. Нарушая хронологию изложения, хотим заметить, что сейчас в Сингапуре в одном из парков возле растущих настоящих гевей «разбросаны» гигантские скульптурные изображения их семян (рис.4), символизирующих важность этого растения для экономики всего региона. В нынешней Малайзии еще сохранилось два дерева гевеи посадки 1877 г., одно из которых растет в *Kuala Kandsar* недалеко от федерального офиса *Department of Lands and Mines*.



Рис. 4. Скульптурное изображение многократно увеличенного семени гевеи в одном из парков Сингапура.

На Цейлоне первые гевеи начали плодоносить уже в 1883 г. и затем эти семена были пущены на расширение плантаций, в том числе в других находящихся под протекторатом Англии странах той области земного шара. Первые две плантации были заложены в Селангоре (ныне западная Малайзия). Огромную роль в массовой организации плантаций сыграл еще один человек, без которого было бы немыслимо сегодняшнее производство натурального

каучука. Так, в 1888 г. первым научным руководителем Сингапурских ботанических садов стал известный английский ботаник и натуралист Н.Н.Ридли, которого называют «отцом каучуковых плантаций». На жизненном пути этой весьма легендарной личности следует задержаться, тем более, что один из его далеких предков имел не только некоторое отношение к нашей стране, но и даже способствовал развитию отношений между Россией и Англией [Salisbury, 1957].

Генри Николас Ридли родился в 1855 г. в графстве Норфолк в Англии. По материнской линии он являлся праправнуком маркиза Вуте, который фактически был первым научным директором Королевского ботанического сада в Кью. Того самого. Со стороны отца один из его предков Марк Ридли в конце XVI века с 1594 по 1598 гг. служил придворным врачом русского царя Федора Иоанновича. М.Ридли выучил русский язык и стал любимцем царского двора, леча при этом также проживавших в Москве английских купцов. Россию покинул в апреле 1599 г. Ему приписывают составление русско-английского и англо-русского даже не столько словаря на шесть тысяч слов, сколько пособия или справочника для иностранцев, прибывающих в Россию для ведения дел, поскольку в нем, наряду с названиями разных болезней, нашли широкое отражение и элементы разговорного русского языка. Сей труд не был издан и в виде рукописи в нескольких экземплярах долгое время хранился в библиотеке в Оксфорде без установленного авторства пока в начале 50-х гг. двадцатого столетия J.S.C.Simmons и затем В.О.Unbegaun не определили, что автором этих рукописей, скорее всего, является М.Ридли. Спустя три десятилетия G.C.Stone подготовил их печатный вариант, составивший 518 страниц – «Stone G.C. A Dictionarie of the Vulgar Russe Tongue, Attributed to Mark Ridley / Edited from the late-sixteenth-century manuscripts and with an introduction», 1996. Данное издание (рис. 5) можно приобрести, например, через интернет-магазин Amazon<sup>22</sup>, но мы делать этого не стали, хотя было бы крайне интересно взглянуть – а нет ли в этом «словаре» случайно слова «каучук», хотя это было бы, наверное, уже, что называется, чересчур, чтобы в конце XVI века далекий предок «отца» каучуковых плантаций упоминал слово

«каучук», тем более, что разговорным оно точно не было, да и слово «rubber» в английском, как мы уже знаем, появилось значительно позже.

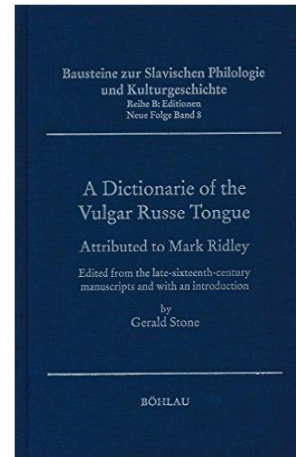


Рис. 5. Обложка Словаря, приписываемого М.Ридли

Но и так этот рукописный, а теперь и печатный материал представляет для лингвистов ценнейший источник информации о циркулировавших в то время словах и выражениях средневековой Руси, а также об используемых тогда медицинских терминах [Коннова, 2000]. Причем, считается, что это самый ранний словарь автора-иностранца, где русские слова написаны на кириллице. Однако даже не в связи с этим словарем представляет определенный исторический интерес время появления в русском языке слов «каучук» или «гум-эластик», но для этого необходимо видимо проводить отдельное исследование, но нам о таком, к сожалению, не известно.

Пора вернуться в данной статье к трудно подсчитать сколько раз<sup>23</sup> (пра)-внучатому племяннику М.Ридли – Генри Н. Ридли. Как уже говорилось выше, он стал директором ботанических садов в Сингапуре в 1888 г. и оставался им до 1911 г, после чего вернулся в Англию и провел там всю оставшуюся жизнь, не дожив до 101 года полутора месяцев. В Сингапуре Г.Ридли получил прозвище «сумасшедший Ридли» потому что он всегда семенами гевеи набивал карманы всех кого встречал в надежде, что они их посадят и вырастут новые гевейные деревья.

<sup>22</sup> [http://www.amazon.co.uk/Dictionarie-Vulgar-Russe-Tongue-Sixteenth-Century/dp/3412085944/ref=sr\\_1\\_fkmr0\\_1?s=books&ie=UTF8&qid=1451711920&sr=1-1-fkmr0&keywords=A+Dictionarie+of+the+Vulgar+Russe+Tongue%2C+Attributed+to+Mark+Ridley+%2F+Edited+from+the+late-sixteenth-century+manuscripts+and+with+an+introduction](http://www.amazon.co.uk/Dictionarie-Vulgar-Russe-Tongue-Sixteenth-Century/dp/3412085944/ref=sr_1_fkmr0_1?s=books&ie=UTF8&qid=1451711920&sr=1-1-fkmr0&keywords=A+Dictionarie+of+the+Vulgar+Russe+Tongue%2C+Attributed+to+Mark+Ridley+%2F+Edited+from+the+late-sixteenth-century+manuscripts+and+with+an+introduction)

<sup>23</sup> Хотя наверняка существует генеалогическое древо семьи Ridley, из которого можно точно выяснить - сколько поколений было между этими людьми.



Рис. 6. Генри Ридли около гевейного дерева, на котором произведены насечки «елочкой».

За год до своего назначения Г.Н.Ридли побывал в экспедиции в Бразилии, где ознакомился с местной флорой и фауной, так что оказавшись в Сингапуре он, по-видимому, уже имел представление о гевее, поскольку наверняка видел ее в девственной природе. Однако плантаторы Юго-восточной Азии не очень стремились поначалу выращивать гевею, поскольку им хорошую прибыль приносило выращивание кофе, черного перца, других пряностей, тем более, что ждать сбора каучука от момента посадки семян надо было не менее 6-7 лет. Г.Ридли приложил немало усилий по популяризации посадок гевеи, преодолевая сопротивление правительства Сингапура (неверие в перспективность каучука) и убеждая кофейных плантаторов переходить на новую для них культуру. Г.Ридли проводил специальные исследования по определению оптимальной плотности посадок, выявлению наилучших мест для выращивания гевей, изучению роста сеянцев и т.д. Еще одна немаловажная заслуга Г.Н.Ридли состоит в том, что им еще в 1895 г. был предложен другой способ сбора латекса, а не тот, что применялся до этого, в том числе и в Бразилии, часто приводящий к гибели деревьев. Он предложил гораздо более пригодный для плантаций и поныне используемый метод подсочки, делая неглубокие надрезы, благодаря чему любое взрослое дерево каждый день может круглый год на протяжении многих лет давать понемногу латекса, что оказалось намного выгоднее экономически.

В 1907 г. Великобритания, главным образом за счет усилий Г.Н.Ридли имела уже около миллиона деревьев гевеи, растущих на подконтрольных ей территориях, а к 1914 г. уже совсем обширные плантации гевеи занимали значительные площади в британской Малайзии, а также в других странах. В том же 1914 г. Ассоциация каучуковых плантаторов (Rubber Planters Association) наградила Г.Н.Ридли золотой медалью. Преимущество этих плантаций

объяснялось высокой плотностью посадки деревьев и отсутствием амазонских грибков-аскомицетов, которые в Бразилии, можно сказать, естественным образом контролируют численность отдельно взятого вида для сохранения биологического разнообразия в сельве.

Табл. 2.

Мировое производство натурального каучука разного происхождения в начале XX-го века (в английских тоннах – 1016 кг)

Территория	1900	1910	1920
обе Америки	27784	62861	30486
Африка	15526	20132	6391
Юго-Восточная Азия	821	11084	304993

[по Loadman, 1995; с сокращениями]

Как можно видеть из таблицы 2 производство плантационного натурального каучука совершило грандиозный рывок во втором десятилетии XX века, сначала сравнявшись со сборами в дикой природе в 1913-1914 гг. [Gibbons, 1939], а затем их многократно опередив. Произошло фактические одомашнивание гевеи, как главного каучуконоса. Оно продолжилось и в двадцатые годы XX столетия уже в Африке. США к тому времени стала страной, потребляющей каучук в количествах, сравнимых со всем остальным миром, и не хотела зависеть от закупок у конкурентов, тем более, что в начале 20-х гг. Британия резко взвинтила цены на каучук. В США, уже начиная с начала прошлого века, шли интенсивные поиски собственных каучуконосов. Бизнесмен H.S.Firestone выдвинул лозунг – «Америка должна выращивать собственный каучук!». Ему удалось найти на западном побережье Африки в Либерии место с подходящим климатом для выращивания гевеи. Президент Либерии в 1926 г. согласился передать в концессию на 99 лет 1 миллион акров земли, на которой были высажены сеянцы гевеи, имеющие происхождение из Юго-Восточной Азии. Тем самым были заложены африканские гевейные плантации. Таким образом, производство каучука стало и до сих пор остается краеугольным камнем экономики Либерии.

Другую попытку, окончившуюся неудачей, осуществил другой американский бизнесмен Г.Форд, который решил организовать плантации гевеи на ее исторической родине в Бразилии. В 1927 г. он от бразильского правительства, которое было сильно заинтересовано в возрождении своей страны в качестве производителя каучука, получил в концессию территорию в 2,5 млн. акров в долине Амазонки, которую окрестили Фордландией (Fordlandia) [Polhamus, 1967]. На этих землях Г.Форд рассчитывал выращивать также и другие важные древесные и травянистые культуры – тик, бальсу,

капок, эвкалипт, какао, кофе, цитрусовые, ананасы, бананы, сою и др., первоначально вложив 2 млн. долларов<sup>24</sup>. Но главным был каучук и Г.Форд намеревался получать с гевейных плантаций каучука столько, что его должно было хватать на колеса для 2 млн. машин ежегодно. Но естественный вредитель гевеи грибок аскомицет *M.ulei* вместе с другими паразитами, размножившимися вслед за посадками гевеи, не дал осуществиться этим планам, фактически истребив заложенную плантацию. После этой неудачи в 1933 г. плантацию было решено перенести на 80 миль южнее в другую местность с иным типом рельефа, получившую название Бельтерра (Belterra), но и там грибок не замедлил появиться. Тем не менее, гевеи все же на этих плантациях худо-бедно росли и к 1941 г. в Фордландии и в Бельтерре количество деревьев превышало 3,5 миллиона, что позволяло собирать определенный урожай. В начале 40-х гг. были проведены специальные исследования, направленные на поиски способов защиты гевеи от этого аскомицета. Однако в 1945 г. Г.Форд, не видя смысла в дальнейшем поддержании этих плантаций вместе с созданной им там немалой инфраструктурой, всего за 250 тыс. долларов уступил их Бразильскому правительству, которое передало плантации под контроль Северо-бразильского агрономического института. Известно, что в 1987 г. каучук в Бельтерре добывала компания Latex Pastore, но не в промышленных масштабах. В итоге на родине гевеи массовых посадок этой культуры, сравнимых с таковыми в Азии (или даже в Африке), организовать так и не удалось.

Завершая главу о появлении каучуковых плантаций, возможно, стоит упомянуть, что первым кто помышлял о создании таковых (именно плантаций) был, по-видимому, James Howison, сделавший это еще в 1800 г. в своей статье, озаглавленной «Some account of the elastic gum vine of Prince of Wales's Island and of experiments made on the milky juices which it produces; with hints respecting the useful purposes to which it may be applied» [Howison, 1800]. В ней J.Howison описывает способы добычи каучука из произрастающих в Малайе лиан, разрезаемых на двухфутовые куски, по концам которых помещаются емкости для сбора латекса, при этом рассуждает, что неплохо бы иметь плантации из них или из как он пишет «американского дерева», поскольку оно может оказаться более продуктивным. При этом неясно - какое же дерево он имел в виду - гевею или кастилью. Но здесь важно другое -

J.Howison говорил о плантациях каучуконосов и указывал даже ряд оптимальных мест их закладки в Индии, являвшийся тогда Британской колонией.

Хотя это и не имеет отношения к данной главе, но J.Howison отмечает, что за несколько лет до написания им этого материала он получил из Китая разные поделки из гум-эластика, а статья его надо заметить датирована 1800 годом!

### **Каучуконосные растения.**

#### ***Типы каучуконосных растений***

Растения, продуцирующие в своих тканях каучук, можно разделить на группы по местам накопления этого вещества, а также по эффективности данного процесса. Так, все растения-каучуконосы отечественными учеными [Ильин, Якимов, 1950] условно поделены на три группы: 1) эффективные каучуконосы, которые в своих частях содержат на сухой вес не менее 10% каучука; 2) потенциально-перспективные каучуконосы, содержащие не менее 5% каучука в своих частях, что при появлении новых технологий извлечения и переработки может сделать их востребованными; 3) условно-перспективные каучуконосы с содержанием каучука в пределах от 1 до 5%, которые могут быть также востребованы в будущем при условии извлечения из них другого сопутствующего сырья и прочих продуктов, что может сделать их возделывание более рентабельным.

Согласно А.А.Ничипоровичу [цит. по Ильин, Якимов, 1950] следует различать три основных типа каучукоотложения: 1) в ассимиляционных тканях; 2) в запасающей паренхиме коры, в сердцевинных лучах и сердцевине; 3) в млечниках. Наверное, стоит еще выделить растения со смешанным типом каучукоотложения, поскольку таких каучуконосов также немало. У растений первого типа внутри клеток образуются специальные включения, содержащие каучук, который получил название месекретного. Значительное число растений, включая гваялу, содержат каучук в паренхимных клетках коры ветвей, стебля, корня, сердцевине. Но наиболее широко распространены каучуконосы, у которых каучук находится в млечном соке или латексе, движущимся по особым млечным каналам. Здесь классическим примером может служить гевея. Типы млечных ходов, обнаруживаемые у разных растений, представляющие собой сочлененные или несочлененные ходы, весьма подробно рассмотрены в ряде обзоров [Metcalfе, 1966; Hagel et al., 2008].

<sup>24</sup> К моменту возврата территорий Бразильскому правительству в 1945 г. общая сумма инвестиций превысила 20 млн. долларов.

По характеру сырья, из которого необходимо извлекать каучук, растения можно подразделить на следующие группы: 1) латексные каучуконосы, в которых высокосортный каучук локализуется в млечниках (гевея, фикус, кастилья, фунтумия, ландольфия и др.); 2) корневые каучуконосы, в которых каучук сосредоточен в корнях, в том числе в млечниках, а также в виде каучуковых нитей и тяжей (кок-сагыз, тау-сагыз, крым-сагыз и др.), при этом сортность такого каучука также весьма высока; 3) паренхимные каучуконосы, представляют собой растения, у которых млечники отсутствуют и обычно довольно высокосмолистый каучук накапливается в виде включений в паренхимных клетках коры и в сердцевидных лучах центрального цилиндра корней и стеблей (гваюла, наголоватка и др.); 4) месекретные или зеленые каучуконосы – каучук в таких растениях отлагается в ассимиляционных тканях листьев и стеблях однолетних побегов в виде внутриклеточных телец (кендырь, ваточник, золотарник); 5) наплывные каучуконосы – высокосмолистые каучуки в этом случае скапливаются в наплывах, образуемых на корнях или стеблях за счет жизнедеятельности на стадии личинок сосущих насекомых (хондрилла, кузиния); 6) каучуконосы смешанного типа, в которых все же, как правило, превалирует тот или иной тип накопления каучука.

### Гевея

Бразильская гевея *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss. Muell.-Arg) из семейства Молочайных (*Euphorbiaceae*), бесспорно, является сейчас каучуконосом №1 на Планете, на 98% обеспечивая человечество натуральным каучуком. Гевея - растение влажных тропиков, годовая сумма осадков для ее роста должна достигать 2000—3800 мм, при равномерной температуре 25—27°C, она хорошо произрастает от 25° северной широты (Китай) до 21° южной широты (Бразилия), но наиболее продуктивная зона расположена между 15° северной и южной широты, называемая «каучуковым поясом». Гевея - вечнозеленое дерево, достигающее в высоту 30-40 метров при толщине ствола до 0,5 м. Во всех частях гевеи накапливается млечный сок. В латексе, добываемом из коры дерева, содержится в среднем 60-75% воды, 30-36% каучука, 1,5-2% смол, 1,5-2% протеина, 1,5-4% сахаров, 0,5-1,0% золы. Начиная с 5-7-летнего возраста, производится подсочка гевей, которая без особого вреда для дерева осуществляется в течение 20-30 лет. На стволе гевеи не выше человеческого роста делают косые или V-образные (не повреждая камбий) надрезы глубиной в

несколько сантиметров, под которые подвешиваются глиняные чашечки, имеющие вид ласточкиных гнезд. В Индонезии для этих целей используется скорлупа кокосовых орехов. Для получения латекса деревья используют почти круглый год. В одной только Индонезии каждое утро на плантации выходит до 600 тысяч сборщиков. За сутки натекает в среднем 20 - 40 граммов млечного сока. В день сбора латекс окуривают дымом, чтобы из жидкого он стал густым и не портился. Применяют и другие технологии первичной переработки.

Обычно на 1 га произрастает 450-600 гевейных деревьев, а одно дерево в среднем дает в год около 3 кг каучука. За время жизни одного дерева успевают сделать до 10 тысяч надрезов. С одного га плантаций, например в Таиланде в наиболее урожайный 2004 г., удалось собрать более 1800 кг каучука, тогда как в Индонезии с ее экстенсивной системой хозяйствования в пиковом 2006 г. добыча каучука с одного га лишь незначительно превысила 1000 кг [Byerlee, 2014]. Под плантациями гевеи в тропической Азии занято около 4 млн. га, что обеспечивает 91% мирового производства натурального каучука, из которого одна треть приходится на Таиланд, чуть меньше на Индонезию. Остатки приходятся на Африку.

Помимо каучука гевея дает отличную древесину с красивой текстурой без годовых колец, потому что в этой зоне рост дерева не прекращается на зимний период ввиду отсутствия такового. Древесина гевеи идет на изготовление мебели и прочие многочисленные поделки. Наиболее ценным для этого производства служит часть ствола, содержащая вторичную древесину. Тогда как для добычи каучука представляет интерес кора, точнее зона флоэмы, где расположены многочисленные млечники. В них накапливается латекс, представляющий из себя эмульсию резиновых частиц диаметром 0,1 – 1 мкм в водной среде. Возможно также стоит некоторое внимание уделить здесь и корневой системе гевеи. Через три года основные корни гевеи имеют длину около 2 м, при этом боковые корни, отходящие от основного ниже корневой шейки могут достигать 10 м в длину, не опускаясь ниже 40-80 см и даже 10 см от поверхности почвы [Webster, Paarkooper, 1989; Verheye, 2010]. Как уже говорилось выше, семена гевеи относительно крупные, что можно видеть, в том числе, и из рис.7, на котором представлены семена этого дерева. Их ширина варьирует от 1,5 до 2 см, а длина - от 2 до 2,5 см.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> К сожалению, в интернете можно встретить неверные сведения о размерах семян гевеи, как имеющих в длину всего 2,5 – 3 мм.



Рис. 7. Внешний вид имеющихся у нас семян гевеи, приобретенных в интернет-магазине семян B & T World Seeds (<http://b-and-t-world-seeds.com>) во Франции

Род *Hevea* насчитывает до 10 видов, среди которых есть крупные и мелкие деревья, кустарники, родиной которых является Южная Америка, но ни один из них не дает каучук сравнимый с таковым из *H.brasiliensis* [Webster, Paardekooper, 1989]. Некоторое хозяйственное значение имеет лишь два вида – дающую каучук неплохого качества гевею *H.benthamiana*, представленную крупными деревьями до 27 м высотой, произрастающими в бассейнах Амазонки и Ориноко, и гевею *H.guianensis* – экземпляры которой дорастают до крупных деревьев в 35 м высотой с ареалом обитания на территории Французской Гвианы. *H.guianensis* выделяет желтоватый латекс с довольно низким содержанием каучука.

Растущие в верховьях Амазонки деревья *H.nitida* – также могут достигать в высоту 27 м; их латекс – белый с высоким содержанием каучука, но содержит много смолистых веществ. Также 27 метровые деревья принадлежат виду *H.spruceana*. Растет этот вид по берегам Амазонки, на островах, до границ с Перу и с Колумбией, его латекс водянистый со смолами. Столь же высоким деревом является вид *H.pauciflora*, изредка встречающийся в бассейне Рио-Негро. Его латекс очень смолистый с довольно низким содержанием каучука. Также по берегам Рио-Негро и в Колумбии произрастает еще один вид - *H.mirophylla*, представляющий собой деревья среднего размера, достигающие 18-ти метровой высоты. *H.mirophylla* выделяют белый водянистый латекс с невысоким содержанием каучука. Чуть более низкое гевейное дерево, достигающее 12-18 м высоты и растущее все в том же бассейне Рио-Негро относится к виду *H.rigidifolia*, его латекс также оставляет желать лучшего. Кустарниковая форма характерна для вида *H.camargoana*. Этот относительно недавно идентифицированный вид растет только на островах в дельте Амазонки. Латекс растений этого вида белый, но его немного.

#### Прочие виды хороших каучуконосов<sup>26</sup>

Кроме гевеи, на протяжении многих лет добыча каучука велась и из других растений. Ряд из них удостоились даже чести служить определением типа каучука, экстрагируемого из того или иного вида растений. Но к началу XIX столетия были известны только четыре растения-каучуконоса – *H.brasiliensis*, *H.guianensis*, *Castilla elastica* и *Urceola elastica*, позволяющие получать каучук в относительно больших количествах. При этом именно *C.elastica* долгое время с 1794 по 1850 гг. была основным каучуконосом. Первые каучуковые плантации этого дерева появились в Мексике в середине XIX века задолго до плантаций гевеи в Юго-Восточной Азии. Лишь после того как *C.elastica* стала исчезать из-за непродуманных методов добычи из нее латекса, правительство Мексики проявило обеспокоенность [Rusby, 1909]. Выжившие деревья были источником каучука во время Второй мировой войны. Каучук, добываемый из *C. elastica*, назывался Panama rubber. Историческое название каучука из *H.brasiliensis* – Amazon rubber, первое время называемый India rubber. В настоящее время в Юго-Восточной Азии из бразильской гевеи производится множество сортов каучука – STR (Standard Thai Rubber), RSS (Ribbed Smoked Sheet) и др., в свою очередь, делящиеся на целый ряд подкатегорий, но поскольку рассмотрение коммерческой стороны нынешней каучуковой промышленности в задачи данной статьи не входит, то более подробно на этом мы останавливаться не будем.

Источником Para rubber служили два вида гевей - *H.guianensis* и *H.benthamiana*. Также на южноамериканском континенте другим каучуконосом служил один из видов маниока из семейства молочайных *Manihot glaziovii*, каучук из которого называется Ceara rubber. На африканском континенте добывалось несколько видов каучука из растений местной флоры: Landolphia rubber из некоторых видов тропических лиан *Landolphia kirkii*, *L.gentilli*, *L.droogmansiana*, *L.heudelotii* и *L.owariensis*; Madagascar rubber получали из *Cryptostegia madagascariensis*; Rubber vine - из *Cryptostegia grandiflora*; Lagos rubber - из *Funtumia elastica*; Jeque rubber - из *Manihot dichotoma*. В Индии велась добыча Assam rubber из *Ficus elastica*; в Северной Америке из вечнозеленого кустарничка *Parthenium argentatum* производится Guayule rubber или Hula, а Rabbit brush rubber – из кроличника *Chrysothamnus nauseosus*. В

<sup>26</sup> В Приложении 2 к данной статье нами приведен краткий перечень видов растений-каучуконосов, характеризующихся относительно высоким накоплением данного биополимера.

СССР некоторое время производился *Dandelion rubber* (на западный манер) из растения *Taraxacum kok-saghyz*, который называют также русским одуванчиком.

В качестве минорных источников каучука известно немало видов растений. Так, в Юго-Восточной Азии были найдены свои каучуконосные виды растений, большинство из которых относилось к семейству *Arecaceae*, но наиболее значимые в плане содержания каучука оказались виды *Ficus elastica* и *Bleekrodea tonkinensis*, происходящие из семейства *Moraceae*. Относительно малоизвестными каучуконосными видами в Африке являются представители родов *Conopharyngia*, *Caprodinus*, *Clitandra* и др. Более детально с каучуконосами тропической Африки можно ознакомиться по обзору G.Martin [1944]. На Мадагаскаре велась также добыча каучука из ряда эндемичных видов родов – *Gonocrypta*, *Pentopetia*, *Secamonopsis*, *Plectaneia*.

#### Поиски новых каучуконосов

Выше мы уже отметили, что растений, вырабатывающих млечный сок, насчитывается более 20 тысяч видов [Lewinsohn, 1991], но латекс латексу рознь и часто в нем при отсутствии каучука представлены различные смолы и прочие вещества вторичного происхождения, имеющие на самом деле то же предназначение – защиту от повреждений, болезней и вредителей. Тем не менее, растений, которые способны продуцировать латекс с настоящим каучуком, даже помимо тех, что с тем или иным успехом уже использовались для добычи каучука, все же немало, но серьезный интерес представляют лишь те, что вырабатывают натуральный каучук высокого качества и в довольно больших количествах.

Считаем уместным сначала кратко охарактеризовать семейства растений, «замеченных» в латексообразовании. Так, согласно данным Т.М.Lewinsohn [1991] растения 20 семейств продуцируют латекс. Причем, среди них есть как крупные семейства с большим числом родов, так и состоящие буквально из одного вида. Пожалуй, надо начать рассмотрение семейств в плане латексообразования с молочайных *Euphorbiaceae*, отчасти потому, что к нему относится гевея, а также в связи с тем, что из 7950<sup>27</sup> видов этого семейства 4,5 тысячи из них (более половины) продуцируют латекс, что обеспечивает данному семейству безусловное лидерство по этому показателю. Также

<sup>27</sup> Здесь мы оперируем цифрами из статьи Т.М.Lewinsohn [1991].

большое число видов тропических семейств *Asclepiadaceae*, *Arecaceae*, *Sapotaceae* (2850, 2100 и 1000 видов соответственно) вырабатывают млечный сок, но здесь важно отметить также и то, что ВСЕ виды этих семейств продуцируют латекс. Впрочем, таких семейств немало. Например, семействам *Campanulaceae*, *Celastraceae*, *Moraceae*, *Papaveraceae*, объединяющим 1950, 1300, 1200 и 210 видов соответственно, также это свойственно. Немалое число видов-млечников обнаруживается в семействе сложноцветных *Asteraceae* – 1800, но с учетом 21000 видов этого крупного семейства данный показатель не превышает 9%. Но, пожалуй, самое удивительное соотношение латексообразователей и видов, обходящихся без него, в также весьма крупном семействе бобовых, включающем 16400 видов, но лишь 50 из них продуцируют латекс, что составляет всего 0,3%. Интересен пример семейства *Cactaceae*, в котором насчитывается около 130 родов, объединяющих свыше 1600 видов, но лишь 132 из них вырабатывают латекс. Примечательно то, что все они относятся к одному роду – *Mammillaria*<sup>28</sup>, что можно даже рассматривать как некий таксономический признак. Желающих более внимательно ознакомиться с распределением продуцентов латекса по семействам можем посоветовать ознакомиться со статьей Т.М.Lewinsohn [1991] самостоятельно. Еще больший объем информации о конкретных видах растений-каучуконосах, представляющих целых 48 семейств и произрастающих по всему миру, в табличной форме приведен на стр. 79-84 в одной из глав первого тома книги «Растительное сырье СССР» [Ильин, 1950].

#### Каучуконосная флора США

Поскольку в США потребление каучука росло наиболее быстрыми темпами и уже к 1890 г. первоначальный лидер Великобритания по этому показателю была оставлена позади, то вполне понятен интерес американцев к тому, чтобы выращивать на своей территории собственные виды-каучуконосы. Поэтому по разным штатам страны было проведено немало экспедиций, направленных на выявление хороших продуцентов каучука. Поиск

<sup>28</sup> Здесь следует добавить, что мы сами наблюдали появление млечного сока на срезах маммилярий при укоренении их верхушечных частей, при этом можем отметить, что на срезах кактуса *Leuchtenbergia principis* выделений латекса в наших руках не происходило, хотя в другой статье [Metcalfе, 1966] этот вид упоминается как содержащий млечный сок.

таких растений продолжался в США на протяжении всего XX столетия. Ниже мы приведем только некоторые виды растений североамериканской флоры, характеризующиеся относительно высоким содержанием каучука в своих частях, и это будет лишь малая толика изученных ими на сей счет.

В литературе имеются сведения, что первая зафиксированная в США попытка добыть каучук из растений местной флоры относится к 1871 г., когда W.Saunders обратил внимание на два вида – ваточник *Asclepias syriaca* и индийскую коноплю *Apocynum cannabinum* из семейств ластовневых и кутровых соответственно, но эти результаты оказались опубликованы только в 1875 г. [Saunders, 1875 - цит. по Cull, 1983]. В этот промежуток времени канадец D.M. Lamb [1873] сумел получить патент США за номером 144,623 от 10 ноября, в котором излагаются сделанные им улучшения вулканизации каучука, полученного из растений семейства ластовневых и хотя латинского видового названия он не приводит, но поскольку употребляет слово «milkweed», которым обычно принято называть растение ваточник, то можно допустить, что D.M.Lamb имел дело именно с *A.syriaca*. Впоследствии многочисленные авторы, пытаясь найти лучшие каучуконосы Северной Америки, не раз возвращались к этому виду, что найдет отражение и в нашем описании, в котором мы по возможности будем стараться соблюдать хронологический порядок, а пока вспомним еще одно растение, описанное в 1852 г. и с 1876 г., ставшее известным как каучуконос - гваюлу *Parthenium argentatum*. Родиной этого вида растений семейства сложноцветных является пустыня Чиуауа в Мексике и сопредельные территории штатов Техас и Аризона. В гваюле обнаружилось до 18% каучука<sup>29</sup>, в связи с чем к этому виду проявился серьезный интерес [Lloyd, 1911]. Но об этом ниже.

<sup>29</sup> Важно заметить, что цифровые выражения содержания каучука в тех или иных растениях в статьях могут заметно отличаться в силу множества причин и поэтому их не надо воспринимать как некие абсолютные значения. Так, необходимо принимать во внимание возможный генетический полиморфизм разных популяций одного и того же вида, благодаря которому гены, ответственные за наработку каучука, могут работать неодинаково, и нарабатывать соответственно разные количества каучука. Другим важным фактором служит сама местность произрастания исследуемого растения (почва, влага, инсоляция, температурный режим и др.). Также немаловажное значение играет время сбора таких растений для анализа, поскольку

Как уже отмечалось, *C.elastica* была первым растением, из которого в полупромышленных масштабах добывался каучук. В 1903 г. была издана основательная монография, посвященная этому виду [Cook, 1903], где оказались всесторонне рассмотренными вопросы продукции каучука этим растением. Отмечается, что в то время на территории Мексики имелись настоящие плантации *C.elastica*, занимающие площадь более 11 тысяч акров, где произрастало почти 5 с половиной миллионов деревьев. В 1902-1903 гг. внимание искателей каучука из богатого на каучуконосы семейства сложноцветных привлек также вид *Hymenoxys floribunda*, который был переименован и в 1904 г. про него уже было сообщено, что корни растения *Picradenia odorata utilis* содержат от 5 до 12% каучука [Cockerell, 1904]. Причем этот каучуконосный вид даже получил «громкое» название Colorado rubber plant, но впоследствии оказался почему-то фактически забытым.

В статье в специализированном журнале The India Rubber World A.T.Saunders [1910] отмечает, что за десять лет до публикации этого своего материала он смог собрать некоторое количество латекса ваточника и получить из него немного каучука. При этом отмечается, что культивирование этого растения не должно представлять особых трудностей. С.P.Fox в начале века подготовил серию публикаций, в которых исследовал ряд растений каучуконосов. Так, из семейства ластовневых им был повторно (точнее - уже в который раз) изучен ваточник *Asclepias syriaca*, латекс которого в его руках содержал до 3% каучука [Fox, 1911]. Им было также сообщено о наличии каучука в латексе *Apocynum hypericifolium* из семейства кутровых, но оно было относительно низким. Коагулированный млечный сок из стебля этого растения содержал уже 4% каучука, 33% воды и довольно большое количество смол, доходящее почти до 63% [Fox, 1912]. Затем также из семейства кутровых была изучена индийская конопля *Apocynum cannabinum* и близкий вид *A. androsaemifolium* [Fox,

содержание каучука в течение сезонной вегетации, тем более в разных тканях и органах весьма неодинаково. Наконец, серьезное значение имеет используемый в тех или иных работах метод оценки содержания каучука в растениях. Необходимо учитывать произведенный или не произведенный пересчет авторами на сырой или сухой вес (что не всегда в статьях указывается), или принимать во внимание, что в статье приводится содержание каучука в латексе, который в свою очередь может быть нативным или коагулированным.

1912]. Было обнаружено, что латекс этих видов может при стоянии коагулировать без воздействия извне, при этом он содержал 3,99% каучука и почти 63% смол. В том же 1912 г. в лесах на Гавайях был найден местный вид растений семейства молочайных – *Euphorbia lorifolia*, вызвавший определенный интерес, в связи с чем был проведен довольно детальный анализ густого латекса этого дерева, показавший его потенциальную пригодность в качестве каучуконоса ввиду довольно высокого (до 15%) содержания каучука в латексе [Wilcox, 1912]. Еще один потенциально хороший каучуконос, найденный в США – кроличник *Ericameria nauseosa* или *Chrysothamnus nauseosa* из семейства сложноцветных, на который обратили внимание в 1919 г. [Hall, Goodspeed, 1919].

Предпринятое довольно масштабное исследование, проводившееся с 1917 по 1921 г. и завершившееся многостраничным отчетом, позволило изучить на предмет каучуконосности целый ряд видов семейств кутровых и ластовневых в дополнение к тем, что исследовались ранее [Hall, Long, 1921]. В дальнейшем к проанализированным в этой работе отдельным видам отнеслись еще более внимательно [Beckett, Stitt, 1935], оценивая, например, характер накопления каучука у *Asclepias subulata* в отдельные месяцы. В 1929 г. было сообщено о попытке интродукции в США из Мадагаскара небольшого дерева *Euphorbia intisy* из семейства молочайных, но особого успеха это не принесло.

Поиск собственных каучуконосов в США особый размах приобрел в конце 20-х гг. XX столетия, когда к этому подключился известный изобретатель Т.Эдисон. Сначала он в 1927 г. сконцентрировал свое внимание на интродуцированных во Флориде ряде видов фикусов, где помимо известного каучуконоса *Ficus elastica* еще два вида *F. utilis* и *F. vogelii* заслуживали некоторого внимания. Параллельно им велась работа с гевеей, высаженной на Гаити, где ставились эксперименты по улучшению способов подсадки и ускорения сбора латекса, закончившиеся, впрочем, неудачей. После этого Т.Эдисон целиком переключился на растения флоры США. Всего в его лабораторию в Нью-Джерси из 40 штатов, включая Аляску, было прислано около 17 тысяч образцов растительного материала. Из них 13344 были идентифицированы до рода, но ввиду множества дубликатов оказалось, что были присланы всего 2222 вида растений, относящихся к 973 родам и 186 семействам, что все равно составило самую большую группу растений, подвергнутых исследованию на предмет содержания каучука. Причем анализировались различные органы растений

– листья, стебли, корни, плоды и др. Наиболее обширную группу сформировали представители семейства сложноцветных, образцы которых были присланы из 33 штатов. С полным списком этих растений, сгруппированных по семействам, можно ознакомиться в работе коллаборатора Т.Эдисона – L.G.Polhamus [1967]. 47 семейств из 186 не содержали каучука вовсе, у 25 семейств содержание каучука было довольно низким, 44 семейства нарабатывали каучук в заметных количествах, а 30 семейств имели более чем 2%-ное содержание каучука. В итоге, главным выводом стало то, что растение-каучуконос для США №1 – уже давно возделывавшаяся к тому времени гваюла, хотя также весьма значительное внимание было уделено золотарникам из семейства сложноцветных, в частности *Solidago leavenworthii*, называемым также золотарником Эдисона. После смерти Т.Эдисона в 1931 г. созданный гербарий, получивший название Е.Р.С. – Edison Plant Collection, за деньги Г.Форда был каталогизирован и переправлен в Вашингтон. Изучение каучуконосности золотарников было продолжено и среди 24 проанализированных видов было обнаружено, что *S. altissima* содержит до 6,34% каучука [Polhamus, 1933]. В этой же работе исследовалось растение *Haplopappus nanus* также из семейства сложноцветных, продемонстрировавшее содержание каучука, достигающее 9,34%. В одном из кратких сообщений в журнале Science за 1942 г. [Mitchell et al., 1942] говорится, что в 1930-31 гг. для обнаружения каучука было исследовано более 30 видов растений из разных семейств (ластовневые, кутровые, сложноцветные, молочайные, тутовые и др.), произрастающих в штате Южная Каролина. При этом авторы смогли у всех исследованных видов определить процентное содержание каучука, превышающее у некоторых 2%. Наивысшее содержание (3,65%) оказалось в мякоти плодов одного из образцов сассапарили *Smilax sp.* из семейства смилаксовых.

Новая волна интереса в США к каучуконосам была вызвана второй мировой войной и захватом японскими милитаристами плантаций гевеи в Юго-Восточной Азии. В работе других американских авторов [Buehrer, Benson, 1945] на наличие каучука было проанализировано большое число видов, относящихся к 93 родам. Довольно подробный библиографический список работ по каучуконосам США и других стран был подготовлен в 1942 г. [Paddick, 1942], причем специальный раздел был посвящен работам советских ученых по кок-сагызу и другим каучуконосным видам отечественной флоры. В 1943 г. был проведен

целенаправленный обзор литературы по ваточнику и близким видам из рода *Asclepias* [Whiting, 1943], содержащий много полезной информации. Ваточник на предмет каучуконосности довольно детально в те годы изучали и их соседи по континенту – канадцы [Watson, Levitin, 1945]. Так, ими был определен состав вытяжек ваточника, экстрагируемых как холодным, так и кипящим ацетоном, а также состав бензольной фракции, что позволило рассчитать 6%-ное содержание каучука в латексе у этого вида.

Исследования нативных каучуконосов в США продолжились и во второй половине XX века. Так, анализ различных составных частей общего урожая для 106 видов растений, произрастающих в штате Иллинойс и относящихся к 81 роду и 44 семействам, позволил группе авторов [Buchanan et al., 1978] прийти к заключению, что ваточник *Asclepias syriaca* и мексиканская конопля *Apcynum cannabinum*, продуцирующие соответственно 173 и 123 кг каучука на гектар, с учетом других ценных сопутствующих продуктов, нарабатываемых этими растениями, теоретически вполне могут составить конкуренцию самой гевее. В своей дальнейшей работе эти авторы дополнительно исследовали другие 100 видов растений из 60 родов и 13 семейств [Buchanan et al., 1978a] и в плане наработки каучука особо отметили растение *Cacalia atriplicifolia* из семейства сложноцветных. В начале 80-х гг. прошлого столетия был проведен анализ 515 видов растений, принадлежащих к 288 родам из 86 семейств, произрастающих на среднем Западе США [Cull, 1983], на предмет их каучуконосности и прочих полезных признаков.

Относительно недавно в США была выполнена работа, по результатам которой присуждена PhD степень, где основным объектом исследования был каучук, вырабатываемый одним из видов салата *Lactuca serriola* [Bell, 2013]. В данной работе дана биохимическая и генетическая характеристика довольно высокомолекулярного каучука, присущего этому виду салата. Не так давно другими авторами из США также было проведено сравнение каучуков из *L.serriola* и *L.sativa* [Bushman et al., 2006]. В этой связи интересно отметить то, что за столетие до этого предметом интереса уже упоминаемого С.Р.Фок из Акрона (штат Огайо) уже были каучуки из двух видов салатов *L.serriola* и *L.canadensis*, причем последний вид характеризовался даже более высоким содержанием каучука [Fox, 1913].

Но, несмотря на обилие растений, характеризующихся наличием в них относительно больших количеств каучука, единственным каучуконосным видом, возделываемым сейчас в

США и составляющим некоторую конкуренцию гевее, остается гваюла, интерес к которой, впрочем, не ослабевал все эти годы, о чем свидетельствуют многочисленные публикации в открытой печати [Carnahan, 1926; Lloyd, 1932; Curtis, Jr., 1947; Yokoyama et al., 1977; Macrae et al., 1986; Estilai, Waines, 1990; Ray, 1993; Cornish, Scott, 2005; Nakayama, 2005; Ray et al., 2005; Veatch et al., 2005; da Costa et al., 2006; de Rodriguez et al., 2006; van Beilen, Poirier, 2007; McMahan et al., 2015; Tullo, 2015 и др.], а также патенты [Spence, 1930; Cornish, 1996; Backhaus, Pan, 1997; Foster, Coffelt, 2005 и др.].

Еще в начале XX века группа американских бизнесменов во главе с Дж.Рокфеллером инвестировала 30 млн. долларов в фирму Continental-Mexican Rubber Co, занимающуюся возделыванием гваюлы и уже к 1910 г. около четверти всего потребляемого США каучука происходило из гваюлы. Но вскоре все закончилось из-за истощения мест произрастания гваюлы и недовольства этим общественности. С появлением новой компании Intercontinental Rubber Company получение каучука из гваюлы возобновилось в Техасе, но в год удавалось вырабатывать не более 1400 тонн, а в период Великой депрессии производство было свернуто. В годы Второй мировой войны производство каучука из гваюлы было восстановлено, но с завершением военных действий и появлением на рынке дешевого каучука из гевеи, а также в связи с радужными надеждами на искусственный каучук, каучук из гваюлы вновь перестали добывать. В связи с нефтяным кризисом 70-х гг. прошлого века и резким подорожанием нефти, поползли цены на искусственный каучук, что заставило опять вспомнить о гваюле, добыча каучука из которой в этот раз в небольших объемах продолжалась в США довольно долго, в итоге все равно прекратилась, не выдержав конкуренции с низкими ценами на гевейный каучук.

Новая волна интереса к каучуку из гваюлы в полной мере проявилось после того, как стали отмечаться множественные случаи аллергических реакций на белки, содержащиеся в каучуке из гевеи [Chambeyron et al., 1992; Kekwick et al., 1996; Sussman et al., 2002; Yeang et al., 2002]. Считается, что из натурального каучука изготавливается не менее 40 тысяч разнообразных продуктов и более 400 из них имеют медицинское применение и, следовательно, контактируют с кожей и прочими тканями человека. Выяснилось, что каучук из гваюлы содержит гораздо меньше белков, к тому же не столь аллергенных, что позволило назвать его гипоаллергенным [Cornish, Siler, 1996] и заставить

бизнес вновь обратить внимание на этот каучуконос. В настоящее время в США плантационные посадки гваюлы принадлежат возникшей в 1997 г. фирме Yulex Corporation (<http://yulex.com>), которая с привлечением современных геномных технологий активно занимается генетическим улучшением этого вида и его дальнейшим одомашниванием. В связи с тем, что гваюла является факультативным апомиктом, говорится о возможном закреплении ценных признаков у гибридов путем бесполосемянного размножения в будущем. Уже сейчас эта фирма сообщает об урожае в 1000 кг каучука с одного га, что сравнимо с показателями с гевейных плантаций Юго-Восточной Азии. Конкурентом Yulex в США является фирма PanAridus (<http://www.panaridus.com>), также ставящая целью генетическое улучшение гваюлы. Здесь можно заметить, что в Перечень 35 лучших компаний США в области биоэкономики за 2015 г. вошли и Yulex и PanAridus, расположившиеся в нем на 23 и 29 местах соответственно. В СССР в свое время посадки гваюлы также имели место, о чем будет говориться в следующей главе.

#### **Каучуконосная флора СССР**

СССР несколько позже США организовал поиск собственных каучуконосцев, основная цель которого была та же, что и у США - обеспечение импортозамещения для такого важного стратегического сырья как каучук. О всесторонней поддержке этих работ свидетельствуют созданные тогда руководством страны различные тресты: «Каучуконос» - «Государственный трест по разведке, разведению, сбору и первичной обработке каучуконосных, гуттаперченосных растений» (1929 – 1939 гг.); «Союзрасткаучук» - «Всесоюзный трест по выработке растительного каучука Наркомата резиновой промышленности СССР» (1929 – 1942 гг.), замененный затем на «Главрасткаучук» - «Главное управление растительного каучука» (1942 – 1952 гг.). Уделялось внимание и научно-исследовательской работе. Так, в том же 1929 г. была создана Центральная научно-исследовательская лаборатория по изучению каучуконосцев, приказом ВСНХ СССР реорганизованная в 1930 г. во Всесоюзный научно-исследовательский институт каучука и гуттаперчи (в 1946 г. переименован в Научно-исследовательский институт натурального каучука), просуществовавший до 1952 г., когда Постановлением Совета Министров СССР НИИ натурального каучука был преобразован в НИИ

промышленности регенерата и резиновой обуви<sup>30</sup> с изменением плана тематических исследований в связи со сворачиванием добычи каучука из растений на территории СССР после двух с лишним десятилетий весьма активных работ в этом направлении.<sup>31</sup> Одной из главных причин стали послевоенная стабилизация мирового рынка натурального каучука и серьезные успехи в производстве синтетического каучука, который в те годы по техническим характеристикам устраивал шинную и прочую резиновую промышленность.

Но еще до создания всех этих вышеупомянутых структур в 1926 г. в СССР был завезен мексиканский вечнозеленый кустарник гваюла *Parthenium argentatum*, который мог расти в Закавказье. Так, на Маргушанской опытной станции по каучуконосам в Азербайджане стали пытаться культивировать это растение в питомнике и затем устраивать плантации. Однако все же наш климат не очень подходил для данного вида. Растения не всегда хорошо переносили зиму, и накопление каучука достигало лишь 10-11% против 14% даже при диком произрастании гваюлы в Мексике. Поэтому производился отбор более устойчивых морозостойких форм. Например, хорошие результаты показал такой сорт гваюлы как «Пионер Карабаха». Велись также работы по скрещиванию гваюлы с однолетним зимостойким видом этого же рода *P. incanum* – мариолой, к сожалению, характеризующейся низким содержанием каучука. В итоге всех селекционных работ среди линий и сортов гваюлы появились образцы с содержанием чистого каучука, достигающим до 16%. Но дело дальше не пошло в силу все же климатических ограничений.

<sup>30</sup> В 1957 г. преобразован в Научно-исследовательский институт резиновых и латексных изделий с возложением на него задач по разработке и совершенствованию технологических процессов производства резиновой обуви, медицинских изделий, изделий из латекса и других изделий народного потребления.

<sup>31</sup> Фактически интерес к каучуконосным растениям, способным произрастать на территории нашей страны, с начала 50-х гг. пропал полностью, включая тематику научных исследований. При этом можно еще раз напомнить, что в США по-прежнему ведется добыча каучука из гваюлы, а также на современном уровне ведутся весьма активные исследования различных каучуконосцев, в том числе российских видов – кок-сагыза и тау-сагыза. В последние годы в Европейском союзе тоже сильно заинтересованы максимально обеспечить себя «европейским» натуральным каучуком из гваюлы и кок-сагыза.

Другим интродуцированным североамериканским видом стал золотарник *Solidago leavenworthii*, который Н.И.Вавилов привез в 1930 г. из США, побывав на опытной станции Т.Эдисона. Золотарник Эдисона – мощное многолетнее растение, достигающее высоты 2 метров. Содержание каучука у золотарника, выращиваемого на Сухумской опытной станции ВИРа, доходило до 12%. Золотарник является месекретным или зеленым каучуконосом. На плантациях золотарника проводились ежегодные укусы надземной массы. В сухумских условиях вредителей и болезней на золотарнике за исключением пятнистости листьев и фузариоза замечено не было, в отличие от его произрастания в Северной Америке, где он повреждается в гораздо большей степени. Но главной трудностью при добыче из золотарника каучука является извлечение последнего из скошенной зеленой массы, которую необходимо измельчать и перемалывать.

Еще одним интродуцентом-каучуконосом оказался уже неоднократно упоминаемый выше ваточник *A.suriaca* из семейства ластовневых *Asclepiadaceae*. Причем этот североамериканский вид был введен в культуру в СССР довольно давно как медонос, а также как текстильное и декоративное растение и лишь затем было обращено внимание на его каучуконосность<sup>32</sup>, которое имеет место в разной степени в млечниках и паренхиме листа, но этот вид следует относить все же к месекретным каучуконосам. Выращиваемый с 1930 г. как каучуконосное растение ваточник с одного га обеспечивал получение до 728 кг каучука [Ильин, Якимов, 1950]. Помимо этого, с одного га этого растения можно было получить из семян до 180 кг неплохого масла, а цветоносы ваточника на этой же площади оказались достаточны для взятки меда для пчел из 10 ульев. Кроме этого стебли ваточника, содержащие хорошее волокно, шли на изготовление грубой пряжи (веревки, шпагат). После посева семян ваточника урожай можно было снимать лишь на третий год, но с последующим ежегодным сбором в течение 5-7 лет. Таким образом, ваточник на тот момент давал ценное сырье для ряда отраслей перерабатывающей и пищевой промышленности.

Первым же советским каучуконосом, который был найден на территории Советского Союза в конце 20-х гг., стала хондрилла из семейства Сложноцветных [Ильин, Якимов, 1950]. Представители рода *Chondrilla*, включающего в себя целый ряд трудноразличимых между собой видов, довольно широко распространены по всему югу СССР

– в степной, полупустынной и даже в пустынной зонах Европейской части, Кавказа и Средней Азии. Главная заслуга в обнаружении у растений этого рода каучука принадлежит рядовому гражданину И.Ф.Кузнецову. Хондрилла относится как к наплывным, так и к месекретным каучуконосам. Наиболее богатыми каучуком считалась группа песчаных хондрилл. На подземных частях этих растений возникают индуцируемые насекомыми наплывы, основную часть которых (называемых также «кумсагызами») составлял песок, а на долю каучука приходилось лишь 6-7%. Это первое отечественное каучуковое сырье вместе со смолой, очищенные от песка, получило в обиходе название «кузнецовки» как признание заслуг И.Ф.Кузнецова. Это был уже технический продукт, поступающий на заводы для переработки. С одного га естественных зарослей хондрилл, на котором могло произрастать около 50 тысяч растений, удавалось получить до 150 кг «кузнецовки». Более высокое содержание каучука, достигающее до 18%, и отсутствие минеральных примесей характерно для так называемых «майсагызов» хондрилл, которые возникают на ветках этого растения в результате жизнедеятельности сосущих насекомых, но их размеры крайне невелики, чтобы иметь практическую товарную ценность. Тем не менее, поскольку хондрилла оказалась первым советским каучуконосом, то были предприняты усилия по введению ее в культуру и разведению плантаций, но она быстро сдала свои позиции после того как были найдены другие виды отечественной флоры, более пригодные для получения каучука.

Пересмотр значительной части флоры Советского Союза на предмет выявления каучуконосности растений оказался беспрецедентным по своему размаху. Так, в самом начале 30-х гг. в течение трех лет было организовано 30 ботанических экспедиций, охвативших самые разнообразные районы от Дальнего Востока до южных и западных окраин страны. В состав экспедиций специально включался специалист, в обязанности которого входило химико-микроскопическое исследование растений, подозрительных на содержание каучука. Во время этих экспедиций было исследовано 1048 видов растений, относящихся к 316 родам, входящим в 95 семейств. Было произведено без малого пять тысяч анализов на наличие каучука. В итоге оказалось, что 609 видов растений содержат каучук или каучукоподобные вещества, однако у подавляющего числа растений их содержание было довольно низким, тогда как свыше 50 видов показали относительно высокое содержание каучука, превышающее 2%, что делало их довольно перспективными в плане хозяйственного

<sup>32</sup> В США о довольно эффективной наработке каучука в ваточнике было известно с 1871 г.

использования. Среди них оказались представители родов: *Mulgedium*, *Apocynum*, *Solidago*, *Scorzonera*, *Chondrilla*, *Saussurea*, *Serratula*, *Helicrysum*, *Cacalia*, *Crepis*, *Vincetoxinum*, *Tanacetum*, *Senecio*, *Gerbera*, *Adenophora*, *Galium*, *Inula*, *Cynanchum* и др.

Пожалуй, стоит кратко «пройтись» по некоторым семействам флоры СССР, в которых отмечено наличие растений с увеличенным содержанием каучука. Так, из наиболее продуктивного в плане каучуконопления семейства молочайных на территории Советского Союза найдено лишь несколько видов, образующих каучук в количествах от 1 до 2%, и таким образом не имеющих промышленного значения. Наиболее высокое содержание, достигающее в листьях 3,8%, обнаружилось у произрастающего на европейской части СССР вида *Euphorbia esula*. Из другого богатого каучуконосными видами семейства кутровых *Aprocynaceae*, к которому относятся известные тропические каучуконосы – фунтумия, ландольфия и др., на территории СССР внимания заслуживает лишь ряд видов из рода кендырей *Aprocynum*. На территории тогдашнего СССР произрастало около 10 видов кендыря с месекретным типом каучуконопления. В Средней Азии осуществлялись попытки организации плантаций кендыря, в первую очередь как источника волокна, рождая надежду и на попутную добычу каучука. Из уже упоминаемого семейства ластовневых, помимо интродуцированного ваточника, в качестве каучуконосов некоторый интерес представляют виды из рода *Cynanchum*, часть которых накапливала месекретный каучук в количествах свыше 2%. Из семейства мареновых *Rubiaceae* отмечено 2,5%-ное содержание каучука в надземной части лишь у одного подмаренника настоящего *Galium verum*. Все исследованные представители семейства жимолостных *Caprifoliaceae* содержат каучук, как в листьях, так в стеблях и корнях. Наибольшее количество обнаружено у черной бузины, у которой в листьях найдено от 1 до 6,3% каучука. В семействе колокольчиковых *Campanulaceae* также обнаружено имеющее место каучуконопление, причем у одного кавказского вида *Campanula alliariaefolia* оно доходило до 3%.

Самое богатое представительство каучуконосов на территории СССР зафиксировано в семействе сложноцветных или астровых *Asteraceae*. Можно сказать, что если тропическая каучуконосная флора в основном представлена видами из семейств молочайных, кутровых, тутовых, то каучуконосы средней полосы – это преимущественно представители семейства сложноцветных. К этому семейству относятся также уже упоминавшиеся местные и интродуцированные виды – хондрилла, гваяюла и золотарник. К выявленным в ходе

состоявшихся ботанических экспедиций растениям данного семейства, содержащим каучук в относительно ощутимых количествах, следует отнести виды Кузинии (близкие к хондриллам), наголоватку Левье, ряд видов крестовников, васильков, всем известный подсолнечник. Но настоящим кладезем каучука оказались некоторые виды одуванчиков и скорцонер.

В 1930 г. в горах Кара-Тау на юге Казахстана Зарецким был открыт каучуконосный вид семейства сложноцветных тау-сагыз *Scorzonera tau-saghyz*, представляющий собой полукустарник с мощной корневой системой, уходящей глубоко в почву. Тау-сагыз – корневой каучуконос, содержащий на сухой вес до 40% каучука. Так, М.В.Культиасовым [Культиасов, 1932, цит. по Баранова, 1935] в 1932 г. было сообщено, что в природных популяциях тау-сагыза из разных урочищ содержание каучука варьирует от 6,4 до 40,76%. В 1950 г. сосчитанное количество экземпляров этого вида, произраставших в дикой природе, составило 11644500 экземпляров из общего числа из почти 15 млн. кустов близких видов тау-сагызов [Ильин, Якимов, 1950]. Сходные оценки численности тау-сагызов содержатся в литературе за 1935 г., где приводятся цифры – 14-15 млн. растений [Лапин, 1935]. Велись и научные исследования млечников тау-сагыза. Так, Е.А.Барановой [1935] изучены особенности формирования млечной системы тау-сагыза в сравнении с другими каучуконосами, что способствовало ведению анатомических экспериментов при селекционной работе. Отмечаемые трудности при введении в культуру этого вида заключались в повреждении вредителями, в том числе корневыми нематодами; излишне высокий полиморфизм признаков у данного вида, проблемы со сбором семян, которых в благоприятном 1934 г. удалось собрать только 8757 кг, достаточных для всего 1500 га посевов, при том что с плантационных угодий, ввиду зацветания растения лишь на третий год, собрать в тот сезон семена для дальнейшего размножения не удалось. При этом теоретические подсчеты указывали, что с одного га, засеянного трех-четырёхлетней культурой тау-сагыза, можно было получать до 200-250 кг каучука. Близким видом является теке-сагыз *S.acanthoclada*, представляющий густо-ветвистый полукустарник, произрастающий в высокогорных областях Памиро-Алтайской горной системы. Теке-сагыз – также корневой каучуконос с содержанием каучука в латексе 5-6%, некоторое время возделывавшийся в Узбекской ССР [Короткова, 1942]. Еще целый ряд видов скорцонер

представляли интерес в плане добычи каучука путем введения их в культуру.

Однако среднеазиатский одуванчик кок-сагыз *Taraxacum kok-saghyz* и крымский одуванчик осенний или крым-сагыз *T.hybernum* (другое название - *T.megalorrhizon*), обнаруженные в 1931 г. и в 1932 г., характеризующиеся лучшим содержанием каучука в них, оказали такое сильное влияние на каучукопроизводителей нашей страны, что те фактически полностью переключились на них, точнее на кок-сагыз. Кок-сагыз, имеющий в целом довольно схожий габитус с широко распространенным одуванчиком лекарственным, отличается от него более мясистыми листьями и серо-зеленым цветом последних. Это вид был впервые описан в 1931 г. ботаником Ботанического института АН СССР Л.Е.Родиным после того как на него указали местные жители В.Спиваченко и В.Буханевич. Местами его естественного произрастания являются Кегенская, Сарджаская и Текесская долины восточного Тянь-Шаня, расположенные на высотах около 2000 метров и имеющие координаты между 79° и 80°30' восточной долготы и 42°20'-43°20' северной широты [Половенко, 1951]. Содержание каучука в кок-сагызе достигало 20 и даже 27% на сухой вес. При описании состоявшихся ботанических экспедиций [Шишкин, 1932] по восточно-туркестанской партии приводится следующая информация - *...одно растение из семейства сложноцветных, точное название которого не установлено, является чрезвычайно интересным, так как содержит каучук в значительном количестве, обнаруживаемом микроскопически: при разрыве корня тянутся эластичные нити каучука. Из-за позднего времени не удалось собрать материал, пригодный для установления систематического положения этого интересного растения. Есть основание предполагать, что это новый вид рода Taraxacum.*» Наверное, это и был одуванчик кок-сагыз.

Произведенные затем промпосевы и геопосевы кок-сагыза показали пригодность этого вида для добычи каучука и его относительную неприхотливость, позволяющую ему расти на территории СССР на широтах вплоть до Ленинграда. Первое время считалось, что вдали от его исконных мест произрастания у него не должно быть вредителей и болезней, но затем появились сообщения о подверженности кок-сагыза разным заболеваниям, в том числе мучнистой росе [Черемисинов, 1950]. Помимо каучука корни кок-сагыза содержат довольно много инулина. Отрицательными чертами кок-сагыза являются недружные всходы семян, которые необходимо стратифицировать, а также медленное и неравномерное развитие до стадии появления 5-6 листочков. При этом также отмечалось, что нужны

дальнейшие селекционные исследования. Причем подчеркивалось, что в то время обсеменение полей уже велось с помощью семян, собранных с производственных посевов кок-сагыза, и больше не требуется вклада семян из дикой флоры, но вследствие того, что пока отсутствуют селекционные растения со сжатым сроком цветения и одновременным созреванием семян как на всех цветоносах, так и на одной корзинке, то их машинный сбор несколько затруднен, и потому употребляются ручные машины и машины на конной тяге системы Д.И.Филиппова. Также отмечается, что необходимо оберегать семена от птиц, поскольку воробьи, розовые скворцы и другие птицы могут уничтожить до 15% семян [Половенко и др., 1950]. Рекомендовалось охранять посевы «с раннего утра и до вечера, пользуясь при этом, для отпугивания птиц, трещотками, колотушками и т.д.». Другие потери урожая семян мог вызывать ветер и поэтому было важно выбирать самый оптимальный срок, когда семена уже созрели (и, следовательно, будут иметь высокий процент всхожести) и не перезрели, когда дуновением ветра они будут легко отрываться от корзинок [Филиппов и др., 1948]. Все эти сложности свидетельствуют, что кок-сагыз не самая простая в возделывании культура.

Ставились планы сделать корни кок-сагыза заметно крупнее. Приводились примеры как путем «воспитания» удавалось получить у кок-сагыза корень как у сахарной свеклы, что скорее следует отнести к фантазиям лысенковцев. Сообщалось также, что М.С.Навашин вывел тетраплоидный кок-сагыз, превосходящий по важнейшим параметрам дикорастущий кок-сагыз. И этот результат, безусловно, заслуживает пристального внимания. Успех данной работы был во многом предопределен эффективностью разработанного М.С.Навашиным совместно с Е.Н.Герасимовой нового метода получения полиплоидов путем воздействия колхицина на меристему молодых корней, что при органогенезе приводило к созданию не химерных, а полностью полиплоидных растений [Навашин, Герасимова, 1940]. Год спустя ими была опубликована статья, в которой сообщалось о получении тетраплоидного кок-сагыза [Навашин, Герасимова, 1941]. В статье 1945 г. приводилась информация о том, что тетраплоидный кок-сагыз характеризуется повышением урожайности корней и увеличением среднего веса корня на 60% [Навашин и др., 1945] Причем нельзя забывать, что выполнение этих работ пришлось на годы когда фактически признавалась только одна мичуринская агробиология, а исследования хромосом, мягко говоря, не приветствовались. Но за счет того, что эти результаты были связаны с обороноспособностью страны, то,

пройдя все необходимые государственные испытания, тетраплоидный сорт кок-сагыза ТН был рекомендован к внедрению и районированию, а его создатели получили авторские свидетельства СССР. В 1951 г. этот сорт занимал площадь уже в 7000 га, но в 1952 г. он резко перестал быть нужен...

Что касается крым-сагыза, то он так и остался подающим большие надежды, по причине более низкого содержания каучука в его корнях, колеблющегося от 3,5 до 8%, а также из-за меньшей пригодности этого вида для интродукции в европейскую часть СССР из-за ограничений по климатическим параметрам. Среди достоинств крым-сагыза отмечается дружность всходов, имеющая место уже при 8°C, а также относительно низкое содержание смол в латексе при высоком качестве самого каучука. Сообщалось, что к концу первого года вегетации содержание инулина в корнях крым-сагыза могло достигать 50-60% [Аксельрод, 1951]. Как в 1935 г., так и в 1950 г. [Лапин, 1935; Ильин, Якимов, 1950] подчеркивалась перспективность крым-сагыза для широкомасштабного внедрения, но состояться тому, видимо, было тогда не суждено. Но к этому виду мы еще вернемся.

Одно время предполагалось, что другой многообещающей каучуконосной культурой теоретически может стать подсолнечник, несмотря на относительно низкое содержание в нем каучука. Однако огромные площади посевов под ним делали добычу каучука из него довольно перспективным занятием. Но несовпадение сроков уборки на семечки и на каучук так и не привело к использованию этого вида сложноцветных для получения каучука в промышленных масштабах. Уже в наши дни был проведен анализ большого числа видов рода *Taraxacum*, произрастающих на Алтае, и в пяти (*T.ceratophorum*, *T.mongolicum*, *T.bessarabicum*, *T.brevirostre*, *T.leucanthum*) из них выявлено наличие каучука [Иванова, Смирнов, 2009], но к сожалению большей информации о свойствах этих каучуков авторы не приводят.

В 30-40-х гг. XX века в СССР вообще уделялось повышенное внимание растительным ресурсам, в том числе представителям дикой флоры. Перед войной появились такие специальности как ботаник-сырьевик, причем имелись профили – сырьевик-разведчик, сырьевик-химик, сырьевик-технолог, нацеленные на комплексное изучение какого-либо сырьевого растения [Некрасова, 1950]. Издавалось немало книг, посвященных различным полезным растениям, в том числе отечественным каучуконосам, среди которых можно выделить следующие: двухтомное издание «Каучук и каучуконосы» [1936], «Культура каучуконосов в

СССР» [Филлипов и др., 1948], «Методика полевого исследования сырьевых растений» [1948], «Кок-сагыз» [Половенко и др., 1950] и др.<sup>33</sup> После весьма большого перерыва в 1983 г. в МГУ был издан тематический сборник под редакцией М.В.Гусева и Р.Г.Бутенко [1983] «Физиология и биохимия растений-каучуконосов», во Введении к которому отмечается, что «потеря интереса к растениям – продуцентам каучука сопровождалась резким сокращением отечественной литературы по каучуконосам...». В этом Введении также говорится, что утеряны сорта каучуконосных растений, «ботанические сады, как правило, не имеют в составе своих коллекций ни отечественных, ни тропических растений – наиболее важных продуцентов натурального каучука». По прошествии еще трех десятилетий ситуация с изучением биосинтеза натурального каучука и каучуконосами в России лучше не стала. Нам представляется, что эта наша публикация по натуральному каучуку и каучуконосам, является в нашей стране следующей после данного сборника 1983 г. Будем рады ошибиться в этом, и просим всех, кто знает публикации отечественных авторов по каучуконосам за период с середины 50-х годов по настоящее время, прислать нам эту информацию, которая будет с благодарностью принята.

Если проанализировать объем всей издаваемой «ботанической» литературы 1930-50-х гг. и наступивший затем довольно резкий спад (продолжающийся и поныне) интереса к растениям, то создается впечатление, что долгожданная победа над Лысенко аукнулась на всей растительной тематике в СССР, причем последствия ощущаются и в современной России и это очень печально, поскольку без растений не будет ни еды, ни лекарств, ни того же каучука (хорошего). Список чего без растений не будет можно продолжать долго...

#### Отечественная резиновая промышленность

Данная глава написана преимущественно по материалам издания «Резинотреста» «Русская резиновая промышленность за 1832-1922 гг.» с привлечением и других публикаций и материалов, найденных, в том числе, в интернете, которым по нашему мнению можно доверять. Желающим более подробно ознакомиться с историей «резинового дела» в России можем рекомендовать самостоятельно прочитать книгу Резинотреста, доступную в электронном виде через портал Государственной публичной научно-технической библиотеки. В этой

<sup>33</sup> И это далеко не полный список литературы тех лет лишь по каучуковой тематике.

книге очень детально описано состояние разных заводов в различные моменты их истории с приведением многочисленных цифровых данных, включая описание социальной инфраструктуры и так называемого «соцпакета» дореволюционных фабрик, которым могли бы позавидовать и некоторые нынешние предприятия. Например, фирма «Треугольник» в 1917 г. имела хорошо оборудованную заводскую амбулаторию со штатным персоналом в количестве 9 врачей, 7 фельдшеров и одной акушерки, а все лекарства из собственной заводской аптеки отпускались рабочим бесплатно. Помимо этого в больницах города за счет завода содержалось 38 бесплатных коек. Для отдыха рабочих была построена санатория (как тогда было принято называть такие заведения) на 100 мест, при этом находившимся там рабочим сохранялся их заработок. Но и это еще не все. При заводе существовали ясли на 500 мест и школа на 500 мест, где дети рабочих воспитывались и получали образование за счет завода. Надо отдать должное авторам книги «Русская резиновая промышленность за 1832-1922 гг.», описавшим сложившуюся к тому времени ситуацию как есть без излишних хвалебных реляций об успехах социалистического хозяйствования и без хулы прежних хозяев, что в 1923 г. возможно еще вполне допускалось. Как и Октябрьским переворотом можно было называть в действительности имевший место октябрьский переворот, что в виде такого словосочетания неоднократно употребляется в данной книге при упоминании так называемых октябрьских революционных событий.

Свое начало отечественная резиновая промышленность ведет с 1832 г., когда всего через 9 лет после образования первого резинового производства в Англии, на территории царской России в Санкт-Петербурге Г.Кириштен основал резиновую фабрику. Вслед за ней открылось еще несколько мелких резиновых предприятий, но все они не смогли сохраниться отчасти по причине низких таможенных пошлин на ввозимую из-за рубежа аналогичную продукцию и к 1860 г. продолжала работать только фабрика Г.Кириштена. После заметного повышения пошлин в 1857 г. ситуация начала понемногу меняться в лучшую сторону. И как раз в 1860 г. также в Санкт-Петербурге начала работу фабрика Товарищества российско-американской резиновой мануфактуры (Т.Р.А.Р.М.), в 1888 г. заимевшая логотип в виде треугольника и ставшая впоследствии в соответствии со своим товарным знаком в 1908 г. фирмой

«Треугольник», уже упоминавшейся выше. После Октябрьского переворота «Треугольник» стал «Государственным заводом резиновой промышленности № 1 Треугольник». В 1922 г. завод был награжден Орденом Красного Знамени и в связи с пятой годовщиной Октябрьского переворота его переименовали в «Красный треугольник», а в 1930 г. сделали комбинатом, объединившим шесть структур - два галошных завода, шинный, ремонтно-механический, регенератный и энергоуправление. Во время блокады Ленинграда комплекс зданий очень сильно пострадал, хотя основное оборудование удалось эвакуировать. Восстановление производства после войны продолжалось до 1959 г. А в начале 90-х XX-века «Красный треугольник» был полностью разорен. В 1998 г. завод сумел частично восстать из пепла. Так, на основе мощностей по производству конвейерных лент «Красного Треугольника» за два года удалось нарастить и модернизировать производственную базу, организовав фактически новое предприятие, получившее название «ГСК Красный Треугольник». Но это лишь крупица былого могущества.

Возвращаясь в век XIX-ый, надо сказать, что основной продукцией российско-американской резиновой мануфактуры после ее возникновения были галоши, оказавшиеся весьма популярными для северо-восточной части России из-за климата тех мест. Только за 1860/61 гг. было выпущено 220 тысяч пар галош. В 1863 г. к российско-американской резиновой мануфактуре присоединилась фабрика Кириштена и в 1867/68 гг. производство галош превысило уже 3 млн. пар, немалая часть которых экспортировалась за границу так как сей товар был оценен там по достоинству, получая разные награды на международных выставках. Товарищество российско-американской резиновой мануфактуры получило высокое звание «Поставщик Двора его Императорского Величества».

В 1864 г. в Риге открылась небольшая резиновая фабрика А.Мюнделя, просуществовавшая до 1915 г. Открывались и другие фабрики, но не все они выдерживали конкуренцию и к 1885 г. в России работали лишь две резиновых фабрики – Т.Р.А.Р.М. с более чем полутора тысячами рабочих в Санкт-Петербурге и фабрика А.Мюнделя в Риге с персоналом в 100 человек. В 1872 г. в России открылся филиал фирмы Макинтош, полностью разорившийся за 7 лет работы, и в 1880 г. все его оборудование и строения были приобретены Т.Р.А.Р.М.ом.



Рис. 8. Листовка Т.Р.А.Р.М.а с указанием даты основания фабрики – 1860 г. и с фирменным знаком в виде треугольника, появившимся в 1888 г. Считается, что в то время такой торговый знак как треугольник был сильным рекламным ходом, рассчитанным на безграмотное население, которое не могло прочесть название, но простая геометрическая фигура на товарах в виде треугольника легко запоминалась.

Период с 1885 г. по 1900 г. иногда называют периодом расцвета русского капитализма, и в это время открылось немало резиновых фабрик, часть из которых сохранилась и после революции. Так, в 1887 г. в селе Богородском под Москвой была создана фабрика, на которой к 1900 г. работало более 700 человек, переименованная в 1912 г. в завод «Богатырь», ставший после Октябрьского переворота также «Красным Богатырем».<sup>34</sup> В 1888 г. в Москве открылся филиал российско-американской резиновой мануфактуры, а в Риге к работе приступило предприятие со смешанным капиталом (в том числе французским) «Проводник», благодаря быстрому развитию которого на нем к 1900 г. было 2786 рабочих, производящих широкий ассортимент резиновых изделий высокого качества, среди которых преобладали неизменные галоши.

В 1896 г. в Риге братьями Фрейзингер основывается небольшая резиновая фабрика «Россия», преобразованная в 1912 г. в акционерное общество «Каучук», акции которой вместе с талонами на получение дивидендов приведены на рис. 11. В 1915 г. во время Первой мировой войны эта фабрика была эвакуирована в Москву.

<sup>34</sup> В Киеве в годы НЭПа организованный промкооперацией появился еще один небольшой резиновый заводик, перешедший в 1931 г. в ведение Главрезины уже конечно под названием «Красный резинщик».



Рис. 9. Гора усовершенствованных галош производства Т-ва «Проводник», новшества которых, как указывается на рекламном плакате, защищены целым рядом патентов.



Рис. 10. Строения фирмы «Треугольник» и комбината «Красный треугольник» в начале XX-го и XXI-го веков.<sup>35</sup>

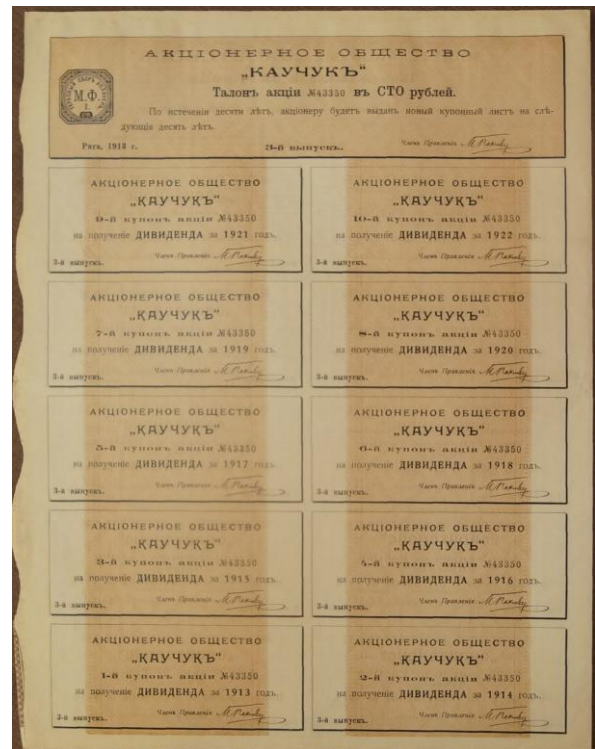


Рис. 11. Сторублевая акция акционерного общества «Каучук» на предъявителя и талоны к ней на получение дивидендов, рассчитанные на период до 1922 г. После Октябрьского переворота 1917 г. и национализации 1918 г. акции и талоны этой мануфактуры превратились в макулатуру.

<sup>35</sup> Нами выбран снимок еще довольно хорошо сохранившегося здания (возможно того же здания, что и на старом снимке, только снятого «со двора»), поскольку там среди комплекса зданий на Обводном канале в Петербурге сейчас есть ТАКИЕ строения, что Ф.Бондарчук принял решение снимать свой фильм «Сталинград» именно на «Красном треугольнике», где на его огромной территории разрушения последних лет без авиабомб и артиллерийских снарядов оказались схожими со сталинградскими.

\* \* \*

О резиновых галошах все же надо сказать особо. Их промышленное производство было начато в первой половине XIX века в США, Англии, а затем и в России. В царской России основными покупателями галош в городах была отнюдь не бедная публика и их часто надевали даже в сухую погоду «для форсу». А крестьянина в своей среде галоши тогда «возносили до небес».



Рис. 12. Классические валенки с галошами времен СССР

Если не принимать во внимание неперенные галоши на валенках (что считается самостоятельным русским брендом), то можно сказать, что новый галошевый бум в СССР пришелся на 1950-60-ые гг.



Один из авторов этой статьи с удовольствием носил их в школу, для того чтобы снять и убрать в специальный мешочек, оставаясь в уличных ботинках, что фактически заменяло требуемую сменную обувь. И делали так в то время очень многие, поскольку это было удобно и практично.

В последние годы резиновые галоши постепенно становятся брендовой одеждой и многие известные одежные дома Европы стали производить эксклюзивные галоши, целевой аудиторией которых должны стать посетители элитных бутиков. Созданы, в том числе галоши, рассчитанные на дамские «шпильки», не «убивающие», а только подчеркивающие красоту модельной обуви в виде туфель и сапог, не говоря уже о заботе об их сохранности, тем более, что сейчас для борьбы с гололедом стали активно применять так называемые «реагенты», от контакта с которыми обувь сильно портится. Мужчины же могут встретить в интернете и подобные высказывания – «галoши со строгими черного цвета туфлями и классическим темным костюмом смотрятся очень изысканно и современно - отличный выбор для истинных джентльменов!» Светлые туфли с черными галошами тоже хороши, что можно оценить, глядя на рис. 13.



Рис. 13. Женские и мужские галоши нового поколения



Рис. 14. Демонстрация костюмов мужчин-олимпийцев для церемонии открытия Олимпиады 2002 года, проходившей в Солт-Лейк-Сити (США)

Компания Bosco, разрабатывавшая дизайн костюмов для сборной России для Олимпиады в Солт-Лейк-Сити, «одела» мужскую половину нашей сборной в пальто «а ля Шаляпин», бобровые шапки и галоши.

Так что спрос на галоши в двадцать первом веке может опять начать расти, для чего потребуются еще больше каучука, а для лучшей износостойкости нужен будет натуральный!

\* \* \*

Потребление натурального каучука (тыс. англ. тонн)

Страна	1910	1913	1916	1919	1922	1923	1924	1925	1926	1927	1928	1929	1930	1931	1932	1933	1934	1935
США	42,2	52,2	117,6	238,4	296,4	305,5	339,8	384,6	358,4	372,5	442,2	466,5	371,1	346,7	314,6	416,1	454,2	497,1
Англия	20,5	25,3	26,7	42,7	11,7	29,0	21,5	29,8	41,0	44,6	47,8	72,0	75,1	76,4	78,6	79,4	108,9	99,5
Германия	13,7	16,3	2,0	4,5	27,6	19,0	22,0	35,0	22,0	38,0	35,0	50,0	47,0	36,0	41,0	50,0	58,0	62,9
Россия/СССР	7,2	12,6	9,0	0,1	1,1	3,1	1,8	5,4	6,4	7,6	9,7	12,1	16,5	28,2	30,7	31,2	40,9	37,6
Франция	3,8	6,5	14,7	20,1	27,7	31,1	34,0	36,0	39,0	38,0	41,0	62,0	60,0	60,6	60,0	62,0	52,0	52,3
Япония	0,7	1,2	3,0	10,0	15,0	17,0	18,0	13,0	18,0	20,0	24,0	34,0	33,0	38,0	53,0	62,0	74,0	57,6

[Белый, 1936, модифицировано]



Рис. 15. Потребление натурального каучука (тыс. англ. тонн)

В общей сложности на нескольких резиновых фабриках России в 1913 г. было занято около 25 тысяч человек, из которых по 10 тысяч работало на предприятиях «Треугольник» и «Проводник». В годы Первой мировой войны производство резиновых изделий в России резко сократилось и ситуация начала было понемногу выправляться лишь во второй половине 1916 г., однако Октябрьский переворот и последовавшая затем Гражданская война привели к катастрофическому падению производства, что можно видеть из табл. 4, говорящей, что в 1919 г. в Россию завезено всего 100 тонн каучука, против 12,6 тысяч тонн в 1913 г.

Декрет о национализации промышленных предприятий от 28 июня 1918 г. коснулся и предприятий резиновой промышленности, за которым последовала их передача в ведение сначала созданной в апреле 1918 г. «Центрорезины», преобразованной через полгода в «Главрезину», что вряд ли способствовало подъему производства. Так, основные производственные мощности были сконцентрированы всего на трех главных фабриках – Треугольнике, Богатыре и Каучуке. Такое крупное предприятие как «Проводник» было попросту закрыто. Создание в 1922 г. «Резинотреста» должно было повлиять на оздоровление резиновой промышленности пролетарского государства, но лишь к 1929 г. ввозимое количество каучукового сырья достигло показателей 1913 г. Однако жизнь берет свое и в СССР происходит подъем резиновой промышленности, для которого необходимо ввозить все больше и больше каучукового сырья. И тогда на повестку дня выходят задачи по производству собственного каучука как натурального, так и синтетического.

Мы сознательно не хотели уделять синтетическому каучуку много внимания, но этот полимер появился во многом благодаря трудам ряда отечественных химиков. Так, еще в 1901 г. профессор И.Л.Кондаков получил каучукоподобное вещество, полимеризуя диметилбутадиен. Более подходящим аналогом природного каучука оказался дивиниловый полимер, мономерными звеньями которого служили остатки 1,3-бутадиена. И.И.Остромысленский<sup>36</sup> на уже упоминавшемся

<sup>36</sup> И.И.Остромысленский в 1921 г. уехал на работу в Ригу в Латвийский университет, а в 1922 г. переехал на работу в США. Наверное, отчасти по этой причине он оказался фактически забытым у себя на Родине, хотя по оценкам некоторых зарубежных коллег за свои работы в области полимеров он вполне заслуживал Нобелевской премии, но

заводе «Богатырь» еще в 1914 г. создал действующую установку для производства дивинила из этилового спирта, на основе которой во второй половине 20-х гг. будущий академик С.В.Лебедев, применив в качестве катализатора металлический натрий, разработал технологию<sup>37</sup>, легшую в основу промышленного производства отечественного синтетического каучука, опередив все остальные страны.<sup>38</sup> В феврале 1930 г. в Ленинграде началось строительство опытного завода и через год на нем были получены первые 250 кг промышленного дешевого синтетического каучука по технологии Лебедева. В том же 1931 г. началось строительство трех каучуковых заводов – в Ярославле, Воронеже и Ефремове. Поэтому когда И.В.Сталин 4 февраля 1931 г., выступая на Первой всесоюзной конференции работников социалистической промышленности, говорил о том, что каучук у нас скоро будет, возможно, он имел в виду оба каучука – и натуральный и синтетический. Так, в 1934 г. синтетического каучука в СССР было произведено 11 тысяч тонн, в 1935 г – 25 тысяч, в 1936 г. – 40 тысяч тонн, а в 1937 его доля составила 73% от всего потребляемого каучука.

Но поскольку данная статья посвящена природному каучуку, то надо к нему вернуться,

---

довольно рано умер, а как известно Нобелевская премия присуждается лишь здравствующим ученым.

<sup>37</sup> Воспоминания участника тех событий Я.М.Слободина о том как шел процесс разработки этой технологии можно прочитать в апрельском и майском номерах журнала Химия и жизнь за 1989 г. Здесь же хотим еще заметить, что И.И.Остромысленский в своей книге «Каучук и его аналоги» [1913] довольно подробно описал синтез каучука из этилового спирта (получаемого тогда исключительно из картофеля), проведя денежные расчеты себестоимости части технологического процесса. Так, он на странице 182 сообщает, что стоимость пуда чистого этилового спирта в России нигде не превышает 2 рублей и поэтому пуд такого эритрелового каучука не должен стоить дороже 6 рублей 90 копеек, но говорил, что надо учесть еще расходы на некоторые «побочные материалы». Но еще в 1910 г. англичане F.E.Matthews и E.H.Strange получили британский патент на способ получения каучука из дивинила и изопрена путем их полимеризации в присутствии металлического натрия.

<sup>38</sup> Мы не принимаем здесь во внимание кратковременное производство метил-каучука в Германии во время Первой мировой войны, поскольку тот каучук очень далек по свойствам от настоящего.

чтобы продемонстрировать рост его производства в стране в те годы. Первые каучукпромхозы (КПХ) по выращиванию кок-сагыза были созданы в 1932 г. в Средней Азии, но климатические условия тех мест плохо соответствуют местам естественного распространения этого вида ввиду излишней сухости и бедности тамошних почв, что приводило к плохим урожаям со сниженным количеством каучука в латексе. При этом температурные условия периода активной вегетации кок-сагыза близки к климатическим нормам, например, Московской области. Отчасти по этим причинам границы возделывания кок-сагыза были сильно расширены за счет Европейской части СССР, где во многих областях РСФСР стало вестись активное возделывание кок-сагыза. Его культурные посевы были распространены на всю Белоруссию, часть Украины и Прибалтики. За короткое время в СССР под посевы кок-сагыза и других каучуконосов были

отведены довольно большие площади земельных угодий в 15 областях и республиках.

Уже в 1933 г. первые плантации кок-сагыза дали 152 кг семян, а в 1934 г. было собрано 2073 кг плантационных семян, что составило две трети от того что было собрано в дикой природе. При плотности посевов, достигающих 500 тысяч растений на гектар, даже при 10% содержании каучука это обеспечивало получение 150 – 200 кг каучука. Помимо каучука с одного га получалось до 500 л этилового спирта за счет сбраживания содержащегося в корнях инулина. Кок-сагыз довольно широко возделывался в 30-40-е гг. в разных климатических зонах СССР, что позволяло (в дополнение к производству синтетического каучука) снижать импорт этого ценного стратегического сырья. В качестве некоего доказательства этих слов можем привести статистические данные ввоза в СССР ряда товаров.

Таблица 5

Из сведений ЦУНХУ СССР о ввозе в СССР главнейших товаров за 1928/29-1932 гг. (импорт)

Наименование товаров	1928/29г.	1930 г.	1931 г.	1932 г.
	т о н н ы			
Каучук и резина сырые	17368	16408	28210	30569
Хлопок	123017	57876	53749	24299

«Социалистическое строительство СССР. Статистический ежегодник». М., 1934

Из приведенных в данном Отчете сведений взяты лишь несколько товаров, представляющих интерес для нас как в рамках данной статьи, так и вообще.

Таблица 6

Из сведений Наркомвнешторга СССР о ввозе в СССР важнейших товаров за 1933—1937 гг.

Важнейшие товары	Единица измерения	1933 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	1937 г.
Каучук	тыс. т	31,2	48,0	38,2	31,5	31,0
Хлопок	тыс. т	22,6	24,9	44,2	16,7	22,1

«Внешняя торговля СССР за 20 лет (1918—1937)». Статистический справочник. М., 1939

Как можно видеть из вышеприведенных таблиц, с начала 30-х гг. происходил рост объемов ввозимого каучука, но с 1935 г. наметилось снижение объемов импорта, явившееся результатом успехов как отечественных химиков и производственников, так и ботаников с аграриями. В 1938 г. посевы кок-сагыза составляли 15 тыс. га. К 1942 г. Наркомзем СССР намечал довести посевы кок-сагыза не менее чем до 250 тыс. га, которые должны были размещаться в районах нечерноземной полосы, центральной черноземной полосы и северной части Украины. Но война нарушила эти планы. Состоявшийся в феврале 1947 г. Пленум ЦК ВКП(б) принял Постановление «О мерах подъема сельского хозяйства в послевоенный период», в котором особое внимание было уделено вопросам каучуководства, отмечая, что «необходимо значительно расширить посевные площади

каучуконосных культур: кок-сагыза, гваюлы и тау-сагыза и резко повысить их урожайность».

В колхозах Башкирской АССР кок-сагыз возделывали, начиная с 1936 г. В 1941 г. имелось около 700 га плантаций двухлетнего кок-сагыза и более 2700 га однолетнего кок-сагыза. В среднем удавалось собирать по 10 центнеров корней с гектара, при том, что отдельные хозяйства добивались рекордных урожаев, достигающих 31 центнера корней и по 85 кг семян с каждого гектара, тогда как в среднем по республике семян собирали около 17 кг на 1 га. Возделывание кок-сагыза находилось под постоянным контролем партийных органов, включая сельхозотдел обкома ВКП(б) и первых лиц республики. В годы войны Башкирия по урожаю корней и семян кок-сагыза занимала одно из первых мест по стране. О размахе планов

возделывания кок-сагыза и в послевоенный период в Башкирии может свидетельствовать Постановление Совета Министров БАССР и бюро Обкома ВКП(б) о посевных площадях для кок-сагыза, где по годам расписывалось задание аграриям, согласно которого в 1951 г. предполагалось засеять 8000 га в 11 районах с учетом их специализации, в 1952 г. планировалось увеличить площадь до 10000 га, а в 1953 г. довести посевные площади под кок-сагызом до 12000 га в тех же 11 районах. Про Башкирию также говорилось, что на ее территории возможны посевы кок-сагыза в поймах рек и на приусадебных участках [Филлипов и др., 1948].

С началом Великой Отечественной войны многие предприятия и учреждения из западных регионов СССР были эвакуированы на территорию Урала. Так, Всесоюзный научно-исследовательский институт каучука и гуттаперчи вместе с Курской опытной станцией каучуконосов во время эвакуации работали в г. Бирске БАССР. Московский опытный завод натурального каучука и оборудование завода натурального каучука г. Ливны Орловской области осенью 1941 г. были эвакуированы в г. Черниковск БАССР (ныне Орджоникидзевский район г. Уфы), где были размещены на территории завода № 417 [Караев и др., 2008]. Позже было принято решение о строительстве нового Уфимского завода «Натуркаучук», но стройка шла довольно медленно и пуск завода в эксплуатацию был осуществлен лишь весной 1952 г., когда выращивание кок-сагыза на полях страны уже заканчивалось, и потому в 1953 г. Уфимский завод «Натуркаучук» был реорганизован в Уфимский регенератный завод, нацеленный на переработку бывших в употреблении автопокрышек и прочих резиновых изделий, что происходило тогда по всей стране.

Но еще в 1950 г. отмечалось, что кок-сагыз – «культура большого будущего», хотя говорилось, что несмотря на то, что кок-сагыз широко возделывается на колхозных полях по всей территории СССР он соответствует лишь статусу одомашненного вида и его еще нельзя считать культурным растением, для чего требуется ведение дальнейшей селекционной работы [Ильин, Якимов, 1950]. Но в 1952 г. с кок-сагызом все закончилось, поскольку в связи с развитием масштабного производства синтетического каучука Правительством СССР было принято решение о ликвидации трестов и заготовительных пунктов по производству натурального каучука. Трест «Главрасткаучук» был реорганизован в трест «Главрегенератрезинпром».

### *Сравнительная характеристика латексов некоторых каучуконосов*

Несмотря на то, что плантации гевей в Юго-Восточной Азии и Африке сейчас практически в полном объеме обеспечивают все страны натуральным каучуком, есть понимание того, что имеет место зависимость от одного только вида растения и это крайне плохо, поскольку случись с ним какая-либо напасть, то все человечество столкнется с серьезнейшими проблемами. Другой альтернативный источник натурального каучука – гваюла, возделываемая ныне на весьма ограниченной территории, не в состоянии будет сразу занять эту нишу. При этом посадки гевей действительно находятся под угрозой. Так, грибок аскомицет *Microcyclus ulei*, вызывающий пятнистость листьев, и не позволяющий устраивать плантации на родине гевей – в Бразилии, по неподтвержденным сведениям уже добрался до Индии, откуда до наиболее интенсивно возделывающих гевей стран что называется «рукой подать». Но даже если распространение данного аскомицета пока ограничивается Южной Америкой, то ввиду массовых трансконтинентальных перелетов не исключена возможность даже непреднамеренного перемещения этого грибка и в Юго-Восточную Азию, где плантации гевей для него уже созданы. Противостоять этому фитопатогену гевей сама не в состоянии отчасти из-за малого генетического разнообразия имеющихся популяций, среди которых отобрать устойчивые клоны похоже не представляется возможным, хотя имелись намерения вести селекцию гевей на основе неких маркерных признаков [Lieberei, 2007]. Не наблюдается пока и попыток генно-инженерным путем создать устойчивую к данному грибку гевей, хотя единичные работы по получению трансгенных гевей уже есть [Lardet et al., 2011].

В одной из статей [Onokspise, Louime, 2012] всерьез рассматривается ситуация, когда какой-нибудь террорист провезет споры этого грибка в Юго-Восточную Азию и «выпустит» их там на свободу, что может привести к большой беде для всего человечества. Причем провезти жизнеспособные споры этого вида аскомицетов *M.ulei*, внесенного в реестр биологического оружия ООН, незамеченными при пограничном и таможенном контроле не представляется невозможным. Поэтому многие страны озабочены поиском альтернативных источников натурального каучука.

Конечно материалы, подобные статье [Onokspise, Louime, 2012], можно рассматривать как запугивание общественности и правительств ряда стран с целью получения средств для проведения

собственных исследований по поиску альтернатив гевее, но угроза действительно существует и к ней максимально надо быть готовыми. Степень угрозы можно оценить хотя бы из приведенного ниже далеко неполного перечня эпидемий *M.ulei*, имевших место на южноамериканском континенте в XX-ом веке. Так, впервые вспышка этой болезни пятнистости листьев у гевеи была зафиксирована в Суринаме в 1918 г. на плантации гевеи, заложенной там в 1911 г., в результате чего плантация перестала существовать. Следующие две эпидемии уже упомянутые нами ранее имели место на бразильской территории в Фордландии и Бельтерре. В 1941 г. погибли посаженные в 1935 г. фирмой Goodyear Comrapu плантации гевеи в Панаме. Серьезные вспышки этой болезни гевеи отмечались в 1941 и 1942 гг. в Колумбии и Коста-Рике. В Бразилии очередная попытка разведения гевеи на плантациях привела к тому, что две трети из 150 тысяч га, занятых гевеями, были этим грибом опустошены. Попытки обуздать данный аскомицет с помощью фунгицидных препаратов имеют малый успех. При этом отмечается, что даже системные фунгициды мало эффективны в борьбе с *M.ulei* [Lieberei, 2007].

Еще одним негативным моментом гевейного каучукоделия является то, что этот вид растений способен расти только в достаточно небольшой зоне тропиков и не может быть распространен широко по миру, что позволяло бы менять его места произрастания в случае острой необходимости. Наконец, сам гевейный каучук не лишен ряда отрицательных качеств, среди которых значительное место занимает его аллергенность, обусловленная сопутствующими белками. Впервые аллергическая реакция, вызванная натуральным каучуком, была отмечена еще в 1927 г., в 1984 г. было сообщено об

имевшим место анафилактическом шоке, вызванным хирургическими перчатками, а в 1991 г. такой шок закончился даже смертельным исходом [Ownby, 2002]. По этой причине гевейный каучук не очень подходит для различных резиновых изделий медицинского назначения, контактирующих с кожей человека. Причем даже частичная очистка гевейного каучука от этих белков повысит его стоимость настолько, что о рентабельности производства можно будет забыть. Все это вместе заставляет исследователей искать альтернативные источники натурального каучука, который по основным параметрам был бы сопоставим с гевейным. Какие же это параметры, кроме урожайности? Так, важной характеристикой натурального каучука служит степень его полимерности, от которой напрямую зависит качество резины. Из приведенной в табл. 7 информации о молекулярных весах и вычисленных для ряда видов числах изопреновых мономерных звеньев в природных полиизопреновых биополимерах видно, что по этому показателю гевея и гваюла весьма близки, а каучук из тау-сагыза и кок-сагыза много лучше гевейного. М.в. каучука гевеи оценивается в 1310 килодальтон, что соответствует почти 23 тысячам мономерных единиц 1,4-изопрена, сформировавших такую полимерную цепь. Так, от молекулярной массы данного биополимера в немалой степени зависит качество и долговечность изготавливаемых из каучука изделий. Подтверждением этому служат данные табл. 8, где как раз приведены технические характеристики резиновых изделий из каучуков из разных растений. Для сравнения приведены параметры синтетического каучука, свидетельствующие, что он не способен на равных конкурировать с натуральным каучуком.

Таблица 7

Характеристики каучука из разных растений как природного полимера

Растение (латинское наименование)	Тривиальное название растения	М.в., килодальтон	Полимерность (число изопреновых остатков)
<i>Taraxacum kok-saghyz</i>	Кок-сагыз	2180	>38200
<i>Scorzonera tau-saghyz</i>	Тау-сагыз	1700	>29800
<i>Ficus bengalensis</i>	Фигус бенгальский	1500	>26300
<i>Lactuca serriola</i>	Салат компасный	1380	>24200
<i>Hevea brasiliensis</i>	Гевея	1310	>22980
<i>Parthenium argentatum</i>	Гваюла	1280	>22450
<i>Chrysothamnus nauseosa</i>	Кроличник	585	>10200
<i>Рucnantemum incanum</i>	Горная мята	495	>8600
<i>Helianthus hirsutus</i>	Подсолнечник жестковолосистый	280	>4900
<i>Solidago altissima</i>	Золотарник высокий	240	>4200
<i>Asclepias syriaca</i>	Ваточник	120	>2100
<i>Ficus elastica</i>	Фигус эластичный	10	175

Таблица 8

Механические характеристики резиновых изделий, изготовленных из каучука из разных растений

Источник каучука	Сопротивление разрыву, кг/см <sup>2</sup>	Относительное удлинение разрыва, %	Остаточное удлинение после разрыва, %
Гевея	160	760	18
Гваюла	160	630	30
Кок-сагыз	220	780	24
Тау-сагыз	220	720	20
Крым-сагыз	230	780	33
«Синтетика»	130-160	700	27-28

Важным параметром для каучука служит наличие того или иного количества белков, выделяемых вместе данным биополимером. Так, из приведенной на интернет-ресурсе <http://lipidlibrary.aocs.org/Biochemistry/content.cfm?ItemNumber=40312> картины электрофоретического разделения белков каучука из ряда растений в условиях определения молекулярной массы (SDS-гель-электрофорез) видно, что для гевеи сопутствующих мажорных и минорных белков насчитывается свыше 15, для кок-сагыза их еще больше – около 30, тогда как у гваюлы всего три мажорных белка и 2-3 минорных. Произведенные подсчеты соотношения белков к каучуку, показывают, что у гевеи на 1 грамм сухого веса каучука приходится более 9 мг белков, тогда как для каучука гваюлы эта пропорция выглядит совсем иначе – 1 грамм каучука содержит всего 0,1 мг белков, что ниже чем у гевеи приблизительно в 100 раз [Cornish et al., 2006]. Таким образом, с учетом разных приводящих обстоятельств одним из самых лучших каучуков можно считать каучук из гваюлы [Beilen, Poirier, 2007], в связи с чем исследованию этого каучуконоса самыми современными методами уделяется немало внимания. Так, был оценен размер генома гваюлы, составивший для диплоидного растения 1624 млн. п.н. [Sanchez et al., 2014]. Сообщается, что учеными USDA (United States Department of Agronomy) ведется полногеномное секвенирование гваюлы, завершение которого ожидается в 2016 г., что, вне всякого сомнения, послужит дальнейшему более целенаправленному изучению каучукообразования у этого вида. Ведутся работы и по получению трансгенных линий гваюлы [Dong et al., 2006]. Ранее было обнаружено, что ночные понижения температуры до 7°C положительно сказываются на выработке каучука у гваюлы, что выражается в более чем двукратном увеличении его содержания по сравнению с растениями, для которых и ночью поддерживалась температура 21-24°C [Goss et al., 1984]. Относительно недавно секвенирован транскриптом гваюлы, экспонированной некоторое время при низких температурах, но было обнаружено,

что уровни экспрессии ряда генов, задействованных при биосинтезе каучука, не коррелируют со средовыми факторами [Ponciano et al., 2012].

Надо сказать, что не только США проявляют коммерческий интерес к гваюле. Так, Австралия имеет много территорий с подходящими климатическими условиями для выращивания гваюлы [Owens, 1981]. Европа также задумывается о возделывании гваюлы, поскольку в ряде стран (Греция, Франция, Италия, Испания) есть условия для произрастания гваюлы, тогда как для гевеи таковых нет.

В плане поиска новых перспективных каучуконосов группа американских авторов из разных исследовательских центров выполнила интересную работу по определению содержания каучука в латексе у большого числа видов подсолнечника [Stipanovic et al., 1980]. Для этого они растирали листья и стебли подсолнечников более 20 видов и нескольких гибридов, из порошка которых затем велась экстракция каучука ацетоном и бензолом. Ими было показано, что содержание варьирует от 0,08 до 1,66%. Возделываемый вид *Helianthus annuus* показал приблизительно средние значения. Для одного из гибридов, основываясь на его продуктивности и содержании каучука, были произведены экономические расчеты, показавшие, что выработка каучука может быть даже рентабельна и выход целевого продукта сравним с таковым у гваюлы. Однако полимерность каучука из подсолнечника все же уступает этому показателю у гваюлы [Swanson et al., 1979], что резко снижает ценность такого сырья. Во многих публикациях указывалось, что качество каучука из крым-сагыза по предварительным данным «исключительно высокое» [Лапин, 1935; Ильин, Якимов, 1950]. Качество каучука из кроличника также оценивалось как отличное, превосходящее по своим характеристикам каучуки из ваточника, из растений африканских тропиков и возможно находящееся на том же уровне, что и каучук из гваюлы [Doten, 1942].

Как видно из табл. 7 качество тау-сагызного каучука также должно быть высоким. Впрочем, сомневаться в этом не приходится, поскольку оно было

проверено не только в лабораторных экспериментах, но и на практике. Так, в Ленинграде из 100%-ного тау-сагызного каучука были изготовлены шины, которыми были экипированы автомобили, участвовавшие в Кара-Кумском автопробеге 1933 г., после завершения которого специальная комиссия исследовала эти шины и дала заключение, что они лучше по качеству, нежели изготовленные из импортного сырья. Причем в газете «Известия» за 23 ноября 1933 г. была опубликована заметка, в которой сообщалось, что «шины из тау-сагыза, изготовленные Ленинградским шинным заводом, вернулись из пробега в таком виде, точно они впервые были одеты на колеса машин» [цит. по Лапин, 1935]. Насколько уж эти слова соответствовали действительности сейчас сказать трудно. Не исключено, что журналист слегка приукрасил ситуацию. В этой связи, видимо стоит сказать несколько слов о данном автопробеге Москва – Кара-Кумы - Москва, чтобы оценить его тяжесть и нагрузку на сами машины и их шины. Автопробег стартовал 6 июля 1933 г. от автозавода имени Сталина. За 86 дней его участники преодолели 9400 км, из которых на долю шоссейных дорог (в большинстве низкого качества) пришлось лишь 2270 км, профилированные грунтовые дороги составили 1320 км. Помимо них еще было 4580 км проселков и 1200 км полного бездорожья. Колонна финишировала в столице 30 сентября 1933 г. и получается, что шины из чистого тау-сагызного каучука как бы то ни было - довольно успешно выдержали эти трехмесячные испытания.

Завершая данную главу, можно еще раз сделать вывод, что кроме гевеи и другие каучуконосы заслуживают внимания и некоторые из них в будущем могут составить этому виду определенную конкуренцию.

#### Каучук как химическое соединение и его биосинтез в растениях

Натуральный каучук, являющийся важнейшим биополимером растительного происхождения,

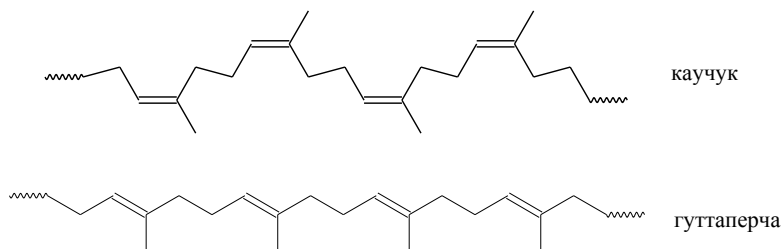


Рис. 17. Различия между *цис*- и *транс*-полиизопреновыми биополимерами.

Важным химическим свойством изопреновых биополимеров с *цис*-связями является способность к вулканизации – взаимодействию с агентами, вызывающими сшивание полимерных молекул,

представляет собой *цис*-1,4-полиизопрен, хотя некоторое время считалось, что он содержит С=С связи только в *транс*-конфигурации. Структура молекул натуральных полиизопреновых каучуков изображена на рисунке 16. Каучук представляет собой биополимер, начинающийся с диметилаллильной группы, за которой сначала следует три мономерных остатка с *транс*-С=С связью, далее располагаются от 100 до 50000 мономерных остатка с *цис*-С=С связью, а на конце молекул находится терминирующая гидроксигруппа.

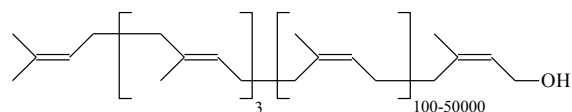


Рис. 16. Структурная формула натурального каучука.

Таким образом, у большинства полиизопреновых каучуков только три мономерных звена, служащие затравкой для дальнейшей полимеризации имеют *транс*-С=С связи. Безусловно, эта часть молекулы каучука не оказывает влияния на физико-механические свойства данного биополимера ввиду малого удельного веса ее доли. Наличие специальной терминирующей группы означает, что биосинтез каучука не прерывается сам по себе в любой момент полимеризации, а заканчивается «осознанно», хотя и не имеет матричной природы. При этом нет четких различий в степени полимеризации цепей каучука ни между видами, ни внутри одного вида растений.

Принципиальные различия в структуре изопреновых полимеров с *цис*- и *транс*-связями продемонстрированы на рисунке 17, при этом наибольшей эластичностью обладают *цис*-формы (каучуки), тогда как *транс*-формы (гуттаперча, балата), содержащие около 80% *транс*-связей, характеризуются существенно меньшей эластичностью.

приводящего к изменению физико-механических свойств. Наиболее распространена вулканизация под действием серы, приводящая к образованию резины (рис. 18).

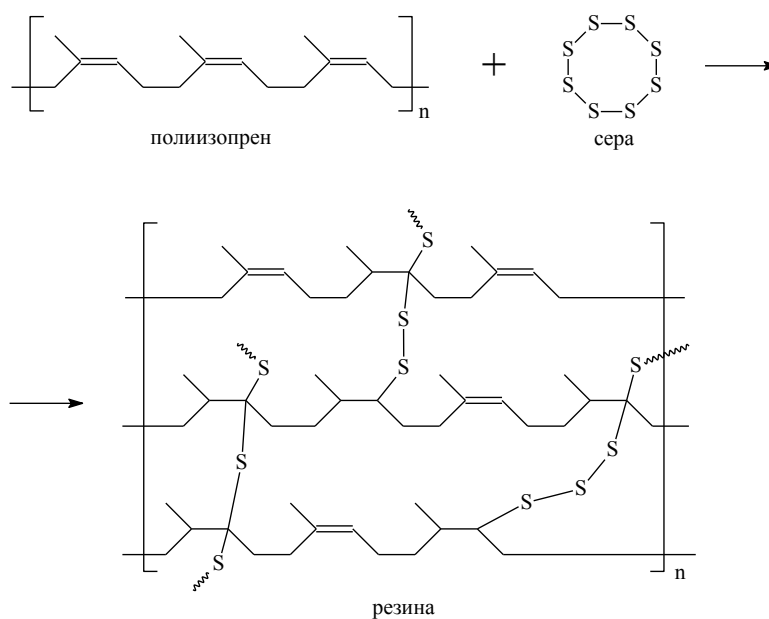


Рис. 18. Схема образования сшивок цепей каучука при его превращении в вулканизированный продукт – резину.

Изопрен, являющийся мономерной единицей изопреновых биополимеров, относится к одноименному классу изопреноидов - веществ вторичного происхождения, объединяющих свыше 50 тысяч разнообразных метаболитов. Основным элементом изопреноидов является пятиуглеродный мономер (C<sub>5</sub>) - изопрен, или 2-метил-1,3-бутадиен. Поскольку каучук представляет собой биополимер, то для его формирования в растениях под действием целого ансамбля ферментов при участии ряда белковых факторов из мономерных единиц происходит образование высокополимерных

молекул. Ключевой молекулой изопреноидного метаболизма является изопентенилпирофосфат (IPP), который может нарабатываться как мевалонатным (ядерным или эукариотическим), так и метилэритритолфосфатным (пластидным или прокариотическим) путем [Kuzuyama, 2002; Okada, 2011; Vranova et al., 2013; Rodriguez-Concepcion, Voganat, 2015 и др.; Пасешниченко, 1998]. После образования IPP с него начинаются пути метаболизма каротиноидов, терпеноидов, биосинтез хинонов, стероидов, зеатина и других соединений.

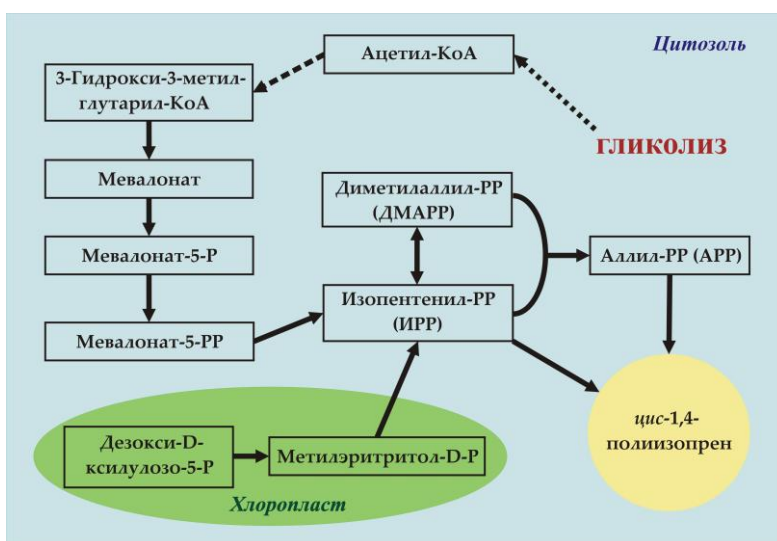


Рис. 19. Цитоплазматический и пластидный пути метаболизма изопентенилпирофосфата – ключевого соединения в биосинтезе натурального каучука.

На рис. 19 изображены MEV (мевалонатный) и МЕР (метилэритритолфосфатный) пути образования каучука (полиизопрена) в растениях. Стартовыми молекулами в ядерном пути служит ацетил коэнзим А, а в пластидном – глицеральдегидфосфат, и в обоих не обходится без пирувата. Более подробно все происходящие превращения мы здесь рассматривать не будем, и обратимся к последней стадии, на которой из геранилгеранилпирофосфата образуется каучук.

Ключевым ферментом биосинтеза каучука (полиизопрена) является так называемая магний-зависимая каучуктрансфераза из класса *cis*-пренилтрансфераз (СРТ – *cis*-prenyltransferase), связанная с мембраной каучуковой частицы, но начинается синтез с находящейся в свободном состоянии *trans*-пренилтрансферазы (ТРТ – *trans*-prenyltransferase). IPP и его стереоизомер DMAPP (диметилаллилпирофосфат) объединяются с образованием ряда аллильных пирофосфатов – геранил пирофосфата (C<sub>10</sub>), фарнезил пирофосфата (C<sub>15</sub>), геранилгеранил пирофосфата (C<sub>30</sub>), служащих в качестве затравок при дальнейшем синтезе как *cis*-1,4-полиизопрена (каучука), так и других изопреноидных соединений. В синтезе каучукового полимера задействован целый комплекс из ферментов и прочих белков (оказывающихся в итоговом каучуке-сырце, а затем и в резине), в результате чего формируются особые гидрофобные каучуковые полимерные частицы, локализующиеся или в латексе или в паренхимных клетках в зависимости от типа латексонакопления, присущего конкретному виду растения. В состав таких каучуковых частиц, помимо самого полиизопрена, входят жирные кислоты, фосфолипиды и стеролы, а также некоторое количество разнообразных белков, в том числе гликозилированных, спектр которых фактически уникален для каждого каучуконосного вида. Именно присутствие значительных количеств белков придает натуральному каучуку ту или иную степень аллергенности, которой чуть более подробно коснемся ниже. Таким образом, добываемый из растений каучук не является чистым химическим веществом, а несет составные части, представленные целым комплексом различных соединений разного молекулярного веса и природы, на что еще в 1826 г. указал М.Фарадей [Faraday, 1826] и что нашло отражение в названии данной статьи. Другим важным показателем качества натурального каучука служит его молекулярный вес, что уже было рассмотрено в предыдущей главе, посвященной сравнению каучуков из разных растений.

Известно, что скорость синтеза *cis*-1,4-полиизопрена зависит от целого ряда факторов: концентрации фермента, его субстрата IPP, белковых факторов элонгации цепи, дивалентного катиона, которым в системе *in vivo* служит магний. Полимеризация осуществляется путем конденсации, в ходе которой выделяются пирофосфат и протон за счет алкилирования аллильного пирофосфата (электрофила), тогда как нуклеофилом служит IPP. Более детальное рассмотрение механизмов биосинтеза каучука описано в ряде современных обзорных статей [Archer, Audley, 1987; Cornish, 1993; 2001; Puskas et al., 2006; Okada, 2011; Cornish, Xie, 2012; Vranova et al., 2013; Rodriguez-Concepcion, Boronat, 2015 и др.]. Для нас больший интерес представляют белковые факторы, способствующие росту цепи каучука, хотя вопросы терминации растущей цепи из-за увеличения его гидрофобности также представляются весьма важными, что достаточно подробно рассмотрено в обзоре [Puskas et al., 2006].

Одними из наиболее важных белковых молекул, задействованных в биосинтезе каучука, следует считать способствующий удлинению полимерной цепи из аллильных пирофосфатов обнаруженный сначала у гевеи белок REF (Rubber Elongation Factor) с молекулярной массой 14,6 кДа и кислый (pI=4,8) SRPP-белок (Small Rubber Particle Protein), имеющий массу в 23 кДа. К настоящему времени гены данных белков клонированы и изучены у многих каучуконосов. Так, у гваялы обнаружен небольшой белок с молекулярной массой около 24 кДа, сходный по аминокислотной последовательности с аналогичным белком SRPP гевеи [Kim et al., 2004]. Совсем недавно аналогичный белок найден у одного из видов одуванчика *Taraxacum brevicorniculatum* [Laibach et al., 2015].

К гевее, как основному каучуконосу, приковано достаточно серьезное внимание. Так, для этого вида клонировано немало генов, белковые продукты которых так или иначе принимают участие в биосинтезе каучука [Han et al., 2000; Asawattreeratanakul et al., 2003; Priya et al., 2006; Sando et al., 2008; Venkatachalam et al., 2009; Li et al., 2014]. Ряд работ посвящены анализу транскриптома гевеи [Tang et al., 2007; Chou et al., 2007; Mantello et al., 2013; Wei et al., 2015]. Непосредственно латексным белкам гевеи, в том числе ввиду их потенциальной аллергенности, также посвящено немало работ [Rish et al., 2000; Xiang et al., 2012; Berthelot et al., 2012; 2014]. Причем в одной из этих работ отмечается, что REF белок гевеи, являющийся

основным аллергенным компонентом гевейного каучука, проявляет амилоидные свойства [Berthelot et al., 2012].

В последние годы растет интерес к другому промышленному каучуконосу – одуванчику кок-сагыз и его ближайшим сородичам, для которых клонированы различные гены биосинтеза каучука [Schmidt et al., 2010; van Deenen et al., 2012]. Создано трансгенное растение *T.brevicorniculatum* с маркерным геном *GUS* под контролем промотора *SRPP* белка гевеи и изучена реакция этого промотора на свет, холодовой стресс и воздействия других факторов [Tata et al., 2012]. В другой работе были получены трансгенные растения *Taraxacum kok-saghyz* и *T. brevicorniculatum* с маркерными генами в виде зеленого и красного флуоресцентных белков, причем авторы отмечают, что интерес ко второму виду вызван тем, что он, будучи близкородственным первому, является апомиктичным [Zhang et al., 2015]. Вызванные с помощью RNAi технологии изменения уровней экспрессии генов *SRPP* в трансгенном кок-сагызе продемонстрировали качественные и количественные изменения на ход биосинтеза каучука в этих растениях [Collins-Silva et al., 2012]. Также RNAi технология была применена при изучении роли *цис*-изопренилтрансфераз, меняя в трансгенном одуванчике *T. brevicorniculatum* уровни экспрессии трех разных генов из семейства изопренилтрансфераз [Post et al., 2012]. Ранее с помощью той же технологии РНК-интерференции было изучено замолкание генов полифенолоксидаз в трансгенных одуванчиках *Taraxacum kok-saghyz* и *T.officinale* [Wahler et al., 2009]. Недавно RNAi технология была применена для замолкания в салате *Lactuca sativa* генов – гомологов *REF* и *SRPP* генов гевеи, но какого-либо эффекта на синтез каучука в этих растениях канадские авторы не обнаружили [Chakrabarty et al., 2015]. Значительный интерес представляет работа, в которой проводился протеомный анализ у *T. brevicorniculatum* [Wahler et al., 2012]. Недавно у этого же вида одуванчиков

обнаружен небольшой белок с молекулярной массой около 28 кДа, получивший название активатора каучукового синтеза (rubber transferase activator), без которого как показано с помощью RNAi технологии синтез полиизопренов и не начинается [Erping et al., 2015]. Уделяется внимание не только молекулярно-биологическим исследованиям каучуконосов, но и изучаются ответы таких растений и *T.brevicorniculatum* в частности на внесение удобрений и прочие агротехнические мероприятия, направленные на увеличение биомассы корней [Munt et al., 2012]. В литературе имеется немало работ, где у разных видов проводится сравнение особенностей биосинтеза каучуков, отличающихся полимерностью и иными характеристиками [Cornish et al., 2000; Singh et al., 2003; Mekkiengkrai et al., 2004; Xie et al., 2008; Bauer et al., 2014 и др.].

Если очень кратко и схематично описать биосинтез каучука, начиная с IPP, то можно сказать, что на первых порах требуется белок-активатор вместе с *транс*-пренилтрансферазой после чего включается *цис*-пренилтрансфераза, действующая вместе с фактором элонгации синтеза каучука и малым каучуковым белком, обеспечивая рост полимерной цепи.

Сейчас считается, что натуральный каучук в послевоенные годы был ошибочно потеснен с рынка его синтетическими аналогами, которые в тот момент по своим характеристикам более-менее удовлетворяли резиновую промышленность и другие отрасли, пользующиеся различными резиново-техническими изделиями. Но с повышением сложности техники и возросших требований к резиновым изделиям стало ясно, что синтетический каучук не полностью удовлетворяет всем запросам и посему в последние десятилетия наблюдается опережающий рост производства натурального каучука (что будет показано далее на рис. 20), так как по совокупности свойств он превосходит синтетические каучуки, что можно видеть из таблицы 9.

Таблица 9

Свойства натурального и некоторых синтетических каучуков

Каучук	Когезионная прочность, МПа	Клейкость, НК-100	Прочность при растяжении при 100°C, МПа
<b>Натуральный</b>	<b>1,37</b>	<b>100</b>	<b>20,00</b>
Бутадиен-стирольный	0,34	85	10,35
Изопреновый	0,34	90	10,35
Бутадиеновый	0,17	95	9,65
Хлоропреновый	0,17	90	8,28

Так, для изготовления шин современных самолетов не подходит ни один из современных искусственных каучуков, поскольку они не в состоянии выдержать ни столь значительные перепады температур, ни возникающие физические нагрузки. Шины большегрузных машин также требуют, чтобы материалом для них служил натуральный каучук. Да и обычные шины известных марок обязательно изготавливаются с добавлением в равной пропорции натурального каучука, а то и только из одного натурального. Поэтому интерес к натуральному каучуку в последние годы заметно растет, что вызывает повышенное внимание к гевее и особенно к прочим растениям-каучуконосам, рассмотренным выше.

### Заключение

Несмотря на то, что на протяжении всего XX-го столетия основным продуцентом натурального каучука была гевея, в ряде стран неоднократно предпринимались попытки выращивать иные источники каучука. Особых успехов на этом поприще добились США с мексиканской гваюлой и СССР со среднеазиатскими тау- и кок-сагызами. Впрочем, в 40-ые годы не в одном Советском союзе выращивался кок-сагыз. Так, в 1943-48 гг. он успешно возделывался и в Финляндии, поскольку климат этой страны вполне подходил для этого любящего влагу и прохладу одуванчика, посевы которого доходили до 66° северной широты [Suomela, 1950]. Причем отмечалось, что в Финляндии посевы лучше переносят холодные, нежели мягкие зимы, а на второй год вегетации с одного га удавалось собрать 6-7 тонн корней, содержащих на сырой вес до 4% каучука. В США и Канаде в годы второй мировой войны отмечался значительный интерес к кок-сагызу, как продуценту каучука хорошего качества [Woodcock, 1946; Gorham, 1946 и др.]. Американцы вообще просили предоставить им семена кок-сагыза с момента обнаружения этого вида. Один из сотрудников американского Бюро растительной промышленности E.W. Brandes специально приезжал в Ленинград и вместе с Н.И.Вавиловым осматривал посевы кок-сагыза на опытных полях Института прикладной ботаники, но переговоры о предоставлении семян американской стороне оказались бесплодными. Только в конце 1941 г. вопрос на высоком уровне был решен положительно<sup>39</sup> и в мае 1942 г. в Вашингтон

<sup>39</sup> Возможно, передача семян кок-сагыза была увязана американцами с их программой помощи союзникам, известной как «ленд-лиз», начавшей действовать для СССР в ноябре 1941 г.

самолетом были доставлены собранные в г.Куйбышеве (ныне опять Самара) семена кок-сагыза в количестве 187 фунтов, которые были распределены по 60 американских опытным станциям. К 1947 г. в США был подготовлен детальный многостраничный отчет о проделанной работе с кок-сагызом [Whaley, Bowen, 1947]. В этом отчете, наряду с другими материалами, приводится информация об изготовленных несколькими шинными компаниями США партиях шин, прошедших дорожные испытания, которые в целом завершились тем, что шины из кок-сагызного каучука были признаны успешно пройденными все тесты и по оценкам комиссии по качеству сырья превосходили остальные каучуконосы, растущие в США.

Несколько лет назад Казахстан в перечень своих общенациональных проектов «100 казахстанских инноваций» включил добычу каучука из кок-сагыза и в этой связи развернуты совместные исследования с европейскими учеными, берущимися улучшить каучуко содержание в сортообразцах, пригодных для возделывания на полях с целью получения данного стратегического сырья. Однако, Казахстан, располагая в целом немалыми сельскохозяйственными угодьями, вряд ли обладает подходящими для выращивания кок-сагыза значительными площадями, поскольку тому требуется прохлада и влага в достатке. В Узбекистане тоже не прочь начать выращивать кок-сагыз и другие каучуконосы. Тау-сагыз в частности. Эта страна сотрудничает со специалистами из Голландии с той же целью – улучшить каучуко накопление в корнях кок-сагыза. Граждане Узбекистана A.U.Buranov и B.J.Elmuradov организовали в Канаде фирму Kok Technologies Inc., задачей которой является продукция каучука из кок-сагыза и тау-сагыза [Buranov, Elmuradov, 2010]. В США и в настоящее время продолжают проявлять интерес к кок-сагызу. Уже упоминавшаяся фирма Yulex, помимо гваюлы, располагает и полями «русского одуванчика», как они именуют кок-сагыз.

В Европе несколько лет назад создан консорциум EU-PEARLS (Production and Exploitation of Alternative Rubber and Latex Sources), преследующий цель не поиска новых каучуконосов, а доведения до промышленного выращивания гваюлы и кок-сагыза, как видов, потенциально способных расти в Европе. В рамках данного Консорциума относительно недавно (в 2012 г.) датская шинная компания Apollo Vredestein также изготовила партию шин из кок-сагызного каучука, успешно прошедших испытания.

Возможно, стоит обратить больше внимания на такой каучуконос прошлого как крымсагыз, уступивший тогда в конкурентной борьбе другим видам с лучшей урожайностью и меньшей

привередливостью к местам обитания. По крайней мере, у него необходимо современными методами выяснить молекулярный вес каучука, а также загрязнение последнего сопутствующими белками.

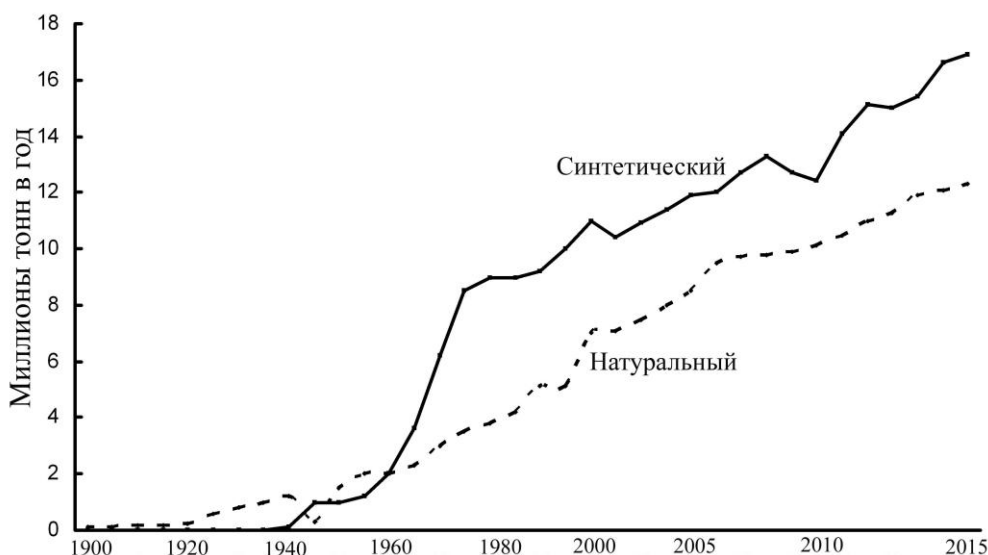


Рис. 20. Мировая продукция натурального и синтетического каучука с 1900 по 2015 гг.

Как можно видеть из рис. 20 до начала 40-х гг. XX-го века производство натурального каучука значительно опережало производство синтетического. Однако в годы Второй мировой войны многие страны Юго-Восточной Азии - основные поставщики каучука оказались оккупированными Японией, что не могло не сказаться на производстве этого сырья. На фоне падения добычи натурального каучука вырос объем синтетического, что в течение некоторого времени позволило ему «обгонять» по объему производства натуральный каучук. Но в послевоенный период натуральный каучук заметно «прибавил» в добыче, до конца 50-х гг. превалируя над искусственным. Благодаря успехам химической науки и промышленности в области синтеза аналогов каучука, начиная с 60-х гг. кривая роста производства синтетического каучука пошла резко вверх, опережая в отдельные годы производство натурального в 2 с лишним раза. Но постепенно приходило понимание ошибочности такого соотношения и с конца 90-х гг. прошлого века наблюдается сближение уровней добычи и синтеза каучуков. Согласно прогноза International Rubber Study Group мировая продукция натурального каучука в 2015 г. составит 12,3 млн. тонн, в 2016 г. – 12,9 млн. тонн и к 2023 она должна увеличиться до 16,5 млн. тонн. По их мнению, по синтетическому каучуку будут следующие показатели: 2015 г. – 16,8

млн. тонн; 2016 г. – 17,5 млн. тонн; 2023 г. – 21,5 млн. тонн. Исходя из этого прогноза предполагается дальнейшее сближение объемов производства синтетического и натурального каучуков. Так показатели соотношения этих каучуков по годам в 2015 г. ожидаются следующими - 1,365, в 2016 г. - 1,356, а к 2023 г. различия станут еще меньше – предполагается, что всего в 1,303 раза будет произведено больше синтетического каучука. Продукция натурального каучука в процентах по годам от всего произведенного и добытого будет выглядеть следующим образом – 42,2%; 42,4% и 43,4%. Хотя по некоторым другим источникам уже сейчас производство натурального каучука составляет более 46%, а к 2018 г. она достигнет 46,5%.

Таким образом, можно ожидать дальнейший рост интереса к натуральному каучуку. При диверсификации его источников и привлечении генетической инженерии вместе с биотехнологией вполне может статься, что продукция синтетического еще больше сдаст свои позиции и на первый план выйдет каучук натуральный. Однако этого может не произойти, если грибок-аскомицет доберется до ЮВА и гевейные плантации «прикажут там долго жить», поскольку хотя и монокультурные системы чрезвычайно продуктивны, но они и чрезвычайно уязвимы. В том что рано или поздно этот грибок до них доберется не вызывает никаких

сомнений. Считается, что такая угроза возрастает с каждым трансконтинентальным рейсом до Юго-Восточной Азии из Южной Америки. Некоторое время назад в ООН даже рассматривался вопрос о необходимости проводить проверки всех пассажирских самолетов, которые за три недели до прибытия в Юго-Восточную Азию побывали в зоне заражения этой болезнью гевей в Южной Америке, но в итоге данная рекомендация все же не была одобрена.

Учитывая стратегический характер этого сырья, весьма важным моментом может и должно стать импортозамещение, когда натуральный каучук будет не только завозиться из-за рубежа, но и производиться в России, причем растительные ресурсы нашей страны вкупе с биотехнологическими способами производства в состоянии обеспечить получение каучука наивысшего качества.

#### Цитированная литература

1. Аксельрод Д. Крым-сагыз // В кн. Сельскохозяйственная энциклопедия. Изд. третье. Под ред. И.А.Бенедиктова и др. М., Т.2, 1951. С. 587-588.
2. Баранова Е.А. Онтогенез млечной системы тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) // Ботанич. Ж. СССР. 1935. Т.20. С.600-616.
3. Белый Е.Г. Каучук и его роль в мировой экономике и политике / В Кн. Каучук и каучуконосы. Т.1. М.-Л., 1936. С.13-31.
4. Гусев М.В., Бутенко Р.Г. (ред.) Физиология и биохимия растений-каучуконосов / М., Изд-во Моск. Ун-та, 1983. 173 С.
5. Иванова М.С., Смирнов С.В. Хозяйственно-значимые виды рода *Taraxacum* Wigg. (одуванчик) Алтайской горной страны // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. Барнаул. 2009. №1 (51). С. 26-28.
6. Ильин М.М. (ред.) Растительное сырье СССР. сборник статей / Т.1. Технические растения / Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1950. 661 С.
7. Ильин М.М., Якимов П.А. Каучуконосы и гуттаперченосы СССР / В кн. Растительное сырье СССР. сборник статей/ Т.1. Технические растения / Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1950. С.61-141.
8. Методика полевого исследования сырьевых растений. Ильин М.М. (ред.) // М.-Л., Изд-во Академии наук СССР. 251 С.
9. Ильин М.М. Методика полевого изучения каучуконосных и гуттаперченосных растений / В кн. Методика полевого исследования сырьевых растений // М.-Л., Изд-во Академии наук СССР. С. 131-143.
10. Караев А.Э., Рахманкулов Д.Л., Удалова Е.А., Курас М.В. Исторические этапы развития технологии совместного получения химического сырья и натурального каучука // Башкирский химический журнал. 2008. Т 15, № 1. С. 53-46.
11. Коннова В.Ф. Русская медицинская терминология в словаре Марка Ридли // Russian Linguistics. 2000. V.24. P.31-61.
12. Короткова Е.Е. Сбор и заготовка каучуконоса теке-сагыз. Под ред. Кудряшева С.Н.Ташкент: УзФАН. 1942. 10 с.
13. Культиасов М.В. Борьба за семенной фонд тау-сагыза // Советский каучук. 1932. №2. С.8. (цит. по Баранова Е.А. Онтогенез млечной системы тау-сагыза (*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse) // Ботанич. Ж. СССР. 1935. Т.20. С.600-616.)
14. Кюнне М. Охотники за каучуком. Роман об одном виде сырья. (пер. с немецкого) // М., Изд-во иностранной литературы. 1962. 437 С.
15. Лапин А.К. Культура каучуконосов // Сельское хозяйство СССР. Ежегодник. 1935. С.65-73.
16. Маслов В.В. Открытие каучука и его история. – В Кн. Каучук и каучуконосы. Т.1. М.-Л., 1936. С.33-44.
17. Навашин М.С., Герасимова Е.Н. Введение колхицина через корни с целью получения полиплоидных растений // ДАН СССР. 1940. Т.26. С.689-692.
18. Навашин М.С., Герасимова Е.Н. Получение тетраплоидного кок-сагыза и его практическое значение // ДАН СССР. 1941. Т.31. С.47-50.
19. Навашин М.С., Герасимова Е.Н., Чередниченко А.Ф. Тетраплоидный кок-сагыз как повышено-продуктивный сорт // ДАН СССР. 1945. Т.47. С.450-453.
20. Некрасова В.Л. К истории изучения растительного сырья в СССР / В кн. Растительное сырье СССР. сборник статей/ Т.1. Технические растения / Москва; Ленинград: Изд-во Акад. наук СССР, 1950. С.33-60.
21. Остромысленский И.И. Каучук и его аналоги. Экспериментальное исследование (1911-1913). М., 1913. 424 с.
22. Пасешниченко В.А. Новый альтернативный путь биосинтеза изопреноидов у бактерий и растений // Биохимия. 1998. Т. 63, № 2. С. 171-182.
23. Половенко И. Кок-сагыз // В кн. Сельскохозяйственная энциклопедия. Изд. третье. Под ред. И.А.Бенедиктова и др. М., Т.2, 1951. С. 387-390.
24. Половенко И.С., Д.И.Филиппов, Правдин Ф.Н., Фурман Л.М. Кок-сагыз // М. Сельхозгиз. 1950. 168 С.

25. Растительное сырье СССР: [Сборник статей] / ред. Ильин М.М. Москва; Ленинград: Издательство Академии наук СССР. 1950 - 1957. Т. 1: Технические растения / отв. ред. тома Федоров А.А. 1950. 661 с.
26. Русская резиновая промышленность за 1832-1922 гг. М., 1923. 163 С.
27. Сталин И.В. О задачах хозяйственников: Речь на Первой Всесоюзной конференции работников социалистической промышленности, 4 января 1931 г. // Сталин И.В. 1951. Соч. Т.13. С.29-42.
28. Филиппов Д.И., Ничипорович А.А., Аксельрод Д.М. (ред.) Культура каучуконосов в СССР // М., Сельхозгиз. 1948. 359 С.
29. Черемисинов Н.А. Мучнистая роса кок-сагыза // С.72-77.
30. Черемисинов Н.А. Болезни кок-сагыза и меры борьбы с ними / Курск. 1950. 52 С.
31. Archer B.L., Audley B.G. New aspects of rubber biosynthesis // Bot. J. Linn Soc. 1987. V. 94. P. 181-196.
32. Asawatreratanakul K., Zhang Y.W., Wititsuwannakul D., Wititsuwannakul R., Takahashi S., Rattanapittayaporn A., Koyama T. Molecular cloning, expression and characterization of cDNA encoding *cis*-prenyltransferases from *Hevea brasiliensis*. A key factor participating in natural rubber biosynthesis // Eur. J. Biochem. 2003. V. 270. P. 4671-4680.
33. Bauer G., Gorb S.N., Klein M.C., Nellesen A., von Tapavicza M., Speck T. Comparative study on plant latex particles and latex coagulation in *Ficus benjamina*, *Campanula glomerata* and three *Euphorbia* species // PLoS One. 2014. V.9. e113336.
34. Baulkwill W.J. The history of natural rubber production. In: Webster C.C., Baulkwill W.J. (Eds.) Rubber. Harlow, UK: Longman.1989. P. 1-56.
35. Beckett R.E., Stitt R.S. The desert milkweed (*Asclepias subulata*) as a possible source of rubber. United States Department of Agriculture, Washington, D.C. Technical bulletin. 1935. N. 472. 23 p.
36. Bell J.L. Biochemical and genetic characterization of rubber production in prickly lettuce (*Lactuca serriola* L.).Washington State University Ph.D Theses and Dissertations. Paper AAC3587052. 2013.
37. Berthelot K., Lecomte S., Estevez Y., Couлары-Salin B., Peruch F. Homologous *Hevea brasiliensis* REF (Hevb1) and SRPP (Hevb3) present different auto-assembling // Biochim. Biophys. Acta. 2014. V.1844. P.473-485.
38. Berthelot K., Lecomte S., Estevez Y., Couлары-Salin B., Bentaleb A., Cullin C., Deffieux A., Peruch F. Rubber elongation factor (REF), a major allergen component in *Hevea brasiliensis* latex has amyloid properties // PLoS One. 2012. V.7. e48065.
39. Buchanan R.A., Cull I.M., Otey F.H., Russell C.R. Hydrocarbon- and rubber-producing crops: evaluation of U.S. plant species // Econ. Bot. 1978. V. 32. P. 131-145.
40. Buchanan R.A., Cull I.M., Otey F.H., Russell C.R. Hydrocarbon- and Rubber-Producing Crops: Evaluation of 100 U.S. Plant Species // Economic Botany. 1978. V. 32. P.146-153.
41. Buehrer T.F., Benson L. Rubber content of native plants of the southwestern desert. College of Agriculture, University of Arizona, Tucson, Arizona. Technical bulletin. 1945. N. 108. 33 p.
42. Buranov A.U., Elmuradov B.J. Extraction and characterization of latex and natural rubber from rubber-bearing plants // J. Agric. Food Chem. 2010. V.58. P.734-743.
43. Bushman B.S., Scholte A.A., Cornish K., Scott D.J., Brichta J.L., Vederas J.C., Ochoa O., Michelmore R.W., Shintani D.K., Knapp S.J. Identification and comparison of natural rubber from two *Lactuca* species // Phytochemistry. 2006. V. 67. P. 2590-2596.
44. Byerlee D. The fall and rise again of plantations in tropical Asia: history repeated? // Land. 2014. V. 3. P. 574-597.
45. Calzonetti J.A., Laursen C.J. Patents of Charles Goodyear: His international contributions to the rubber industry // Rubber Chem. Technol. 2010. V.83. P. 303-321.
46. Carnahan G.H. The production of guayule rubber // Ind. Eng. Chem. 1926. V. 18.P. 1124-1126
47. Chakrabarty R., Qu Y., Ro D.K. Silencing the lettuce homologs of small rubber particle protein does not influence natural rubber biosynthesis in lettuce (*Lactuca sativa*) // Phytochemistry. 2015. V.113. P.121-129.
48. Chambeyron C., Dry J., Leynadier F., Pecquet C., Tran Xaan Thao. Study of the allergenic fractions of latex // Allergy. 1992. V. 47. P. 92-97.
49. Chow K.S., Mat-Isa M.N., Bahari A., Ghazali A.K., Alias H., Mohd-Zainuddin Z., Hoh C.C., Wan K.L.Metabolic routes affecting rubber biosynthesis in *Hevea brasiliensis* latex // J. Exp. Bot. 2012.V. 63. P. 1863-1871.
50. Chow K.S., Wan K.L., Isa M.N., Bahari A., Tan S.H., Harikrishna K., Yeang H.Y.Insights into rubber biosynthesis from transcriptome analysis of *Hevea brasiliensis* latex // J. Exp. Bot. 2007. V. 58. P. 2429-2440.
51. Cockerell W.P. Note on a rubber-producing plant // Sci. New Series. 1904. V. 19. P. 314-315.
52. Collins-Silva J., Nural A.T., Skaggs A., Scott D., Hathwaik U., Woolsey R., Schegg K., McMahan C., Whalen M., Cornish K., Shintani D. Altered levels

- of the *Taraxacum kok-saghyz* (Russian dandelion) small rubber particle protein, TkSRPP3, result in qualitative and quantitative changes in rubber metabolism // *Phytochemistry*. 2012. V. 79. P. 46-56.
53. Cook O.F. The culture of the central american rubber tree // US Department of Agriculture/ Bureau of Plant Industry – Bulletin No 49. 1903. 86 P.
54. Cook O.F. Beginnings of rubber culture: special characters of the *Hevea* tree determine method of tapping // *J. Hered.* 1928. V. 19. P. 204-215.
55. Cornish K. Similarities and differences in rubber biochemistry among plant species // *Phytochemistry*, 2001. V. 57. P. 1123-1134.
56. Cornish K. The separate roles of plant *cis* and *trans* prenyltransferases in *cis*-1,4-polyisoprene biosynthesis // *Eur. J. Biochem.* 1993. V. 218. P. 267-271.
57. Cornish K. Commercialization of Guayule Latex (Yulex™). Presented at Latex 2006, Frankfurt, Germany.
58. Cornish K., Castellón J., Scott D.J. Rubber molecular weight regulation, in vitro, in plant species that produce high and low molecular weights in vivo // *Biomacromolecules*. 2000. V.1. P.632-641.
59. Cornish K., Xie W. Natural rubber biosynthesis in plants: rubber transferase // *Methods Enzymol.* 2012. V.515. P.63-82.
60. Cornish K., Scott D.J. Biochemical regulation of rubber biosynthesis in guayule (*Parthenium argentatum* Gray) // *Ind. Crop. Prod.* 2005. V. 22. P. 49-58.
61. Cornish K., Siler D.J. Hypoallergenic guayule latex: research to commercialization. In: Janick J. (ed.) *Progress in new crops*. ASHS Press, Alexandria, VA. 1996. P. 327-335.
62. Cull I.M. Midwest plants for potential crops // *Trans. Illinois State Acad. Sci.* 1983. V. 76. P. 203-212.
63. Curtis O.F. Distribution of rubber and resins in guayule // *Plant Physiol.* 1947. V. 22. P. 333-359.
64. Cuthbert C. The African rubber industry and *Funtumia elastica* ("kickxia"). London: J. Bale, Sons & Danielson. 1911. 252 p.
65. da Costa B.M., Keasling J.D., McMahan C.M., Cornish K. Magnesium ion regulation of in vitro rubber biosynthesis by *Parthenium argentatum* Gray // *Phytochemistry*. 2006. V.67. P.1621-1628.
66. da Hora Júnior B.T., de Macedo D.M., Barreto R.W., Evans H.C., Mattos C.R.R., Maffia L.A., Mizubuti E.S. Erasing the Past: A new identity for the Damoclean pathogen causing South American leaf blight of rubber // *PLoS One*. 2014. V. 9. e104750.
67. Dong N., Montanez B., Creelman R.A., Cornish K. Low light and low ammonium are key factors for guayule leaf tissue shoot organogenesis and transformation // *Plant Cell Rep.* 2006. V. 25. P. 26-34.
68. Doten S.B. Rubber from rabbitbrush: *Chrysothamnus nauseosus*. Reno, Nev.: University of Nevada. 1942. 22 p.
69. Epping J., van Deenen N., Niephaus E., Stolze A., Fricke J., Huber C., Eisenreich W., Twyman R.M., Prüfer D., Gronover C. A rubber transferase activator is necessary for natural rubber biosynthesis in dandelion // *Nature Plants*. 2015. V.1. Article number: 15048. P.1-9.
70. Estilai A., Waines J.G.. Improved guayule germplasm for domestic production of natural rubber. In: Janick J., Simon J.E (eds.) *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. 1990. P. 242-244.
71. Faraday M. On pure caoutchouc, and the substances by which it is accompanied in the state of sap, or juice // *The Quarterly journal of science, literature and art*. 1826. V. 21. P.19-28.
72. Foster M.A., Coffelt T.A. Guayule agronomics: establishment, irrigated production, and weed control // *Ind. Crop. Prod.* 2005. V. 22. P. 27-40.
73. Fox C.P. Another Ohio grown rubber // *Ohio Nat.* 1912. V. 12. P. 469-471.
74. Fox C.P. Apocynum or Indian Hemp, Rubber // *Ind. Eng. Chem.* 1912. V. 4. P. 387-388.
75. Fox C.P. Ohio grown rubber, crop of 1910 // *Ohio Nat.* 1911. V. 11. P. 271-272.
76. Fox C.P. Wild lettuce rubber // *Ind. Eng. Chem.* 1913. V. 5. P. 477-478.
77. Fresneau M., de la Condamine C. Et sur l'usage des divers sues laiteux d'arbres de la Guiane ou France équinoctiale // *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris.* (1751) 1755. P.319-333.
78. Geraldine A. A summary of the literature on milkweeds (*Asclepias* spp.) and their utilization. Washington, D.C.: U.S. Dept. of Agriculture. 1943. 41 p.
79. Gibbons W.A. The rubber industry, 1839-1939 // *Ind. Eng. Chem.* 1939. V. 31. P. 1199-1209.
80. Goodyear C. Improvement of the process of divesting caoutchouc, gum-elastic, or India-Rubber of its adhesive properties, and also of bleaching the same, and thereby adapting it to various useful purposes / US Patent No 240, June, 17, 1837.
81. Goodyear C. Improvement in the manufacture of gum-elastic shoes / US Patent No 849, July, 24, 1838.
82. Goodyear C. Improvement of India-Rubber fabrics / US Patent No 3,633, June, 15, 1844.
83. Goodyear C. Gum-elastic and its varieties: with a detailed account of its applications and uses, and of the discovery of vulcanization. Vol. I. New Haven, Conn. 1853. 246 p.
84. Goodyear C. The applications and uses of vulcanized gum-elastic; with descriptions and

- directions for manufacturing purposes. Vol. II. New Haven, Conn. 1853. 379 p.
85. Goodyear N. Improvement in the manufacturing of India-Rubber / US Patent No 8,075, May, 6, 1851.
86. Gorham P.R. Investigations on rubber-bearing plants: II. Carbohydrates in the roots of *Taraxacum kok-saghyz* Rod. // Can. J. Res. 1946. V. 24c. P. 47-53.
87. Goss R.A., Benedict C.R., Keithly J.H., Nessler C.L., Stipanovic R.D. *cis*-Polyisoprene synthesis in guayule plants (*Parthenium argentatum* Gray) exposed to low, nonfreezing temperatures // Plant Physiol. 1984. V. 74. P. 534-537.
88. Hagel J.M., Yeung E.C., Facchini P.J. Got milk? The secret life of laticifers // Trends Plant Sci. 2008. V. 13. P. 631-639.
89. Hall H.M., Goodspeed T.H. Chrysil, a new rubber from *Chrysothamnus nauseosus* // Univ. Calif. Pub. Bot. 1919. V. 7. P. 183-264.
90. Hall H.M., Long F.L. Rubber-content of North American plants. Carnegie Institution of Washington. 1921. N. 313. 65 P.
91. Han K.H., Shin D.H., Yang J., Kim I.J., Oh S.K., Chow K.S. Genes expressed in the latex of *Hevea brasiliensis* // Tree Physiol. 2000. V. 20. P. 503-510.
92. Hancock T. Personal narrative of the origin and progress of the caoutchouc or india-rubber manufacture in England. London: Longman, Brown, Green, Longmans & Roberts. 1857. 283 p.
93. Hayward N. Improvement in the mode of preparing caoutchouc with sulfur for the manufacture of various articles / US Patent No 1,090, Feb., 24, 1839.
94. Hillebrand A., Post J.J., Wurbs D., Wahler D., Lenders M., Krzyzanek V., Prüfer D., Gronover C.S. Down-regulation of small rubber particle protein expression affects integrity of rubber particles and rubber content in *Taraxacum brevicorniculatum* // PLoS One. 2012. V.7. e41874.
95. Holguin D.G. Vocabulario de la Lengva General de todo el Perv llamada Lengva Qquichua o del Inca. Lima, imprenta de Francisco del Canto. 1608. 425 P.
96. Hosler D., Burkett S.L., Tarkanian M.J. Prehistoric polymers: rubber processing in ancient Mesoamerica // Science. 1999. V. 284. P. 1988-1991.
97. Howison J. Some account of the elastic gum vine of Prince of Wales's Island and of experiments made on the milky juices which it produces; with hints respecting the useful purposes to which it may be applied // Philosophical Magazine Series 1. 1800. V.6. P.14-20.
98. Jasso de Rodríguez D., Angulo-Sánchez J.L., Rodríguez-García R. Mexican high rubber producing guayule shrubs: a potential source for commercial development // J. Polym. Environ. 2006. V. 14. P. 37-47.
99. Kang H., Kang M.Y., Han K.H. Identification of natural rubber and characterization of rubber biosynthetic activity in fig tree // Plant Physiol. 2000. V.123. P.1133-1142.
100. Kekwick R., Bhambri S., Chabane M.H., Autegarden J.E., Levy D.A., Leynadier F. The allergenic properties of fresh and preserved *Hevea brasiliensis* latex protein preparations // Clin. Exp. Immunol. 1996. V. 104. P. 337-342.
101. Kim I.J., Ryu S.B., Kwak Y.S., Kang H. A novel cDNA from *Parthenium argentatum* Gray enhances the rubber biosynthetic activity *in vitro* // J. Exp. Bot. 2004. V. 55. P. 377-385.
102. Kumar S., Hahn F.M., McMahan C.M., Cornish K., Whalen M.C. Comparative analysis of the complete sequence of the plastid genome of *Parthenium argentatum* and identification of DNA barcodes to differentiate *Parthenium* species and lines // BMC Plant Biol. 2009. V.9. 131.
103. Kuzuyama T. Mevalonate and nonmevalonate pathways for the biosynthesis of isoprene units // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2002. V. 66. P. 1619-1627.
104. Laibach N., Hillebrand A., Twyman R.M., Prüfer D., Schulze Gronover C. Identification of a *Taraxacum brevicorniculatum* rubber elongation factor protein that is localized on rubber particles and promotes rubber biosynthesis // Plant J. 2015. V. 82. P. 609-620.
105. Lamb D.M. Improvement in treating vulcanizable gums and caoutchouc. Patent US 144623 A. 1873.
106. Langenheim J.H. Plant Resins: Chemistry, Evolution, Ecology and Ethnobotany / 2003. Portland. Timber Press. 612 P.
107. Lardet L., Leclercq J., Bénistan E., Dessailly F., Oliver G., Martin F., Montoro P. Variation in GUS activity in vegetatively propagated *Hevea brasiliensis* transgenic plants // Plant Cell Rep. 2011. V. 30. P. 1847-1856.
108. Lewinsohn T.M. The geographical distribution of plant latex // Chemoecology. 1991. V. 2. P. 64-68.
109. Li D., Deng Z., Liu C., Zhao M., Guo H., Xia Z., Liu H. Molecular cloning, expression profiles, and characterization of a novel polyphenol oxidase (PPO) gene in *Hevea brasiliensis* // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2014. V. 78. P. 1648-1655. Li D., Deng Z., Liu C., Zhao M., Guo H., Xia Z., Liu H. Molecular cloning, expression profiles, and characterization of a novel polyphenol oxidase (PPO) gene in *Hevea brasiliensis* // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2014. V. 78. P. 1648-1655.

110. Lieberei R. South American leaf blight of the rubber tree (*Hevea* spp.): new steps in plant domestication using physiological features and molecular markers // *Ann. Bot.* 2007. V. 100. P. 1125-1142.
111. Lloyd F.E. Guayule (*Parthenium argentatum* Gray), a rubber-plant of the Chihuahuan Desert. Washington, D.C., Carnegie Institution of Washington. 1911. 213 p.
112. Lloyd F.E. Mode of occurrence of caoutchouc in the Guayule, *Parthenium argentatum* Gray, and its function // *Plant Physiol.* 1932. V.7. P.131–138.
113. Loadman M. J. R. Analysis of Rubber and Rubber-like Polymers // Springer. 1998. 378 P.
114. Loadman M.J.R. The exploitation of natural rubber. Malaysian Rubber Producer's Research Association Publication, English version. 2000. N. 1531. 12 p.
115. Loadman J. Tears of the tree. The story of rubber - a modern Marvel. London, Oxford University Press. 2004. 356 p.
116. Loadman M.J.R., Wake W.C. Analysis of rubber and rubber-like polymers. By Wake W.C., Tidd B.K., and Loadman M.J.R. (eds.). London: Applied Science. 1983. 378 p.
117. Macrae S., Gilliland M.G., Van Staden J. Rubber production in guayule: determination of rubber producing potential // *Plant Physiol.* 1986. V. 81. P. 1027-1032.
118. Mantello C.C., Cardoso-Silva C.B., da Silva C.C., de Souza L.M., Scaloppi Junior E.J., de Souza Gonçalves P., Vicentini R., de Souza A.P. *De novo* assembly and transcriptome analysis of the rubber tree (*Hevea brasiliensis*) and SNP markers development for rubber biosynthesis pathways // *PLoS One.* 2014. V. 9: e102665.
119. Martin G. Wild rubber of tropical Africa // *Rubber Chem. Technol.* 1944. V. 17. P. 240-252.
120. Matthews F.E., Strange E.H. Improvements in the manufacture of synthetic Caoutchouc and the like. British Patent 24,790. 1910.
121. McGeorge W.M. Physical and chemical properties of latex of euphorbia. In: McGeorge W.M., Anderson W.A. (eds.) Index to publications of the Hawaii Agricultural Experiment Station. Honolulu (HI): Hawaii Agricultural Experiment Station. 1912. 16 p.
122. McMahan C., Dong C., Lhamo D., King B., Johnson L., Fraley M. A look at guayule natural production // *Rubber & Plastics News.* 2015. October, 5. P.30-34.
123. Mekkiengkrai D., Ute K., Swiezewska E., Chojnacki T., Tanaka Y., Sakdapipanich J.T. Structural characterization of rubber from jackfruit and euphorbia as a model of natural rubber // *Biomacromolecules.* 2004. V.5. P.2013-2019.
124. Metcalfe C.R. Distribution of latex in the plant kingdom // *Econ Bot.* 1967. V.21. P.115-127.
125. Mitchell J.H., Rice M.A., Roderick D.B. Rubber analysis of plants in South Carolina // *Science* 1942. V. 95. P. 624-625.
126. Munt O., Arias M., Hernandez M., Ritter E., Gronover C.H., Prüfer D. Fertilizer and planting strategies to increase biomass and improve root morphology in the natural rubber producer *Taraxacum brevicorniculatum* Industrial Crops and Products. 2012. V.36. P.289–293.
127. Musgrave T., Musgrave W. An Empire of Plants: People and Plants That Changed the World // 2000. 192 P.
128. Nakayama F.S. Guayule future development // Symposium on Guayule in honor of Dr. Francis Nakayama held at the Association for the Advancement of Industrial Crops (AAIC) Annual Meeting — Guayule Symposium / Industrial Crops and Products. 2005. V.22. P.3–13.
129. Okada K. The biosynthesis of isoprenoids and the mechanisms regulating it in plants // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2011. V. 75. P. 1219-1225.
130. Onokpise O., Louime C. The Potential of the South American leaf blight as a biological agent // *Sustainability.* 2012. V. 4. P. 3151-3157.
131. Owens L.W. Report on guayule potential and research in South Australia. Dept. of Agriculture, South Australia. 1981. 28 P.
132. Ownby D.R. A history of latex allergy // *J. Allergy Clin. Immunol.* 2002. V. 110. P. 27-32.
133. Paddick M.E. Rubber producing plants (other than guayule and rubber trees): A list of references useful to investigators. Miscellaneous series of the Colorado Agricultural experiment station. 1942. N. 149. P. 5035-5042.
134. Polhamus L.G. Plants collected and tested by Thomas A. Edison as possible sources of domestic rubber. Beltsville: United States Department of Agriculture. 1967. 198 p.
135. Polhamus L.G. Rubber content of various species of goldenrod // *J. Agric. Res.* 1933. V. 47. P. 149-152.
136. Ponciano G., McMahan C.M., Xie W., Lazo G.R., Coffelt T.A., Collins-Silva J., Nural-Taban A., Gollery M., Shintani D.K., Whalen M.C. Transcriptome and gene expression analysis in cold-acclimated guayule (*Parthenium argentatum*) rubber-producing tissue // *Phytochemistry.* 2012. V. 79. P. 57-66.
137. Post J., van Deenen N., Fricke J., Kowalski N., Wurbs D., Schaller H., Eisenreich W., Huber C., Twyman R.M., Prüfer D., Gronover C.S. Laticifer-

- specific cis-prenyltransferase silencing affects the rubber, triterpene, and inulin content of *Taraxacum brevicorniculatum* // Plant Physiol. 2012. V.158. P.1406-1417.
138. Priya P., Venkatachalam P., Thulaseedharan A. Molecular cloning and characterization of the rubber elongation factor gene and its promoter sequence from rubber tree (*Hevea brasiliensis*): A gene involved in rubber biosynthesis // Plant Science. 2006. V.171. P.470–480.
139. Puskasa J.E., Gautriauda E., Deffieuxb A., Kennedya J.P. Natural rubber biosynthesis—A living carbocationic polymerization? // Prog. Polyme. Sci. 2006. V. 31. P. 533–548.
140. Raue M., Wambach M., Glöggler S., Grefen D., Kaufmann R., Abetz C., Georgopanos P., Handge U.A., Mang T., Blümich B., Abetz V. Investigation of historical hard rubber ornaments of Charles Goodyear // Macromol. Chem. Phys. 2014. V.215. P. 245-254.
141. Ray D.T. Guayule: A source of natural rubber. In: JanickJ., Simon J.E. (eds.) New crops. Wiley, New York.1993. P. 338-343.
142. Ray D.T., Coffelt T.A., Dierig D.A. Breeding guayule for commercial production // Symposium on Guayule in honor of Dr. Francis Nakayama held at the Association for the Advancement of Industrial Crops (AAIC) Annual Meeting — Guayule Symposium / Industrial Crops and Products. 2005. V.22. P.15–25.
143. Rish H.P., Chen Z., Rozynek P., Baur X., Lundberg M., Cremer R. PCR-based cloning, isolation, and IgE-binding properties of recombinant latex profilin (rHev b 8) // Allergy. 2000. V.55. P.712-717.
144. Rodríguez-Concepción M., Boronat A. Breaking new ground in the regulation of the early steps of plant isoprenoid biosynthesis //Curr. Opin. Plant Biol. 2015. V. 25. P. 17-22.
145. Roxburgh W.X. A botanical description of *Urceola elastica*, or Caoutchouc vine of Sumatra and Pulo-Pinang; with an account of the properties of its inspissated juice, compared with those of the American Caoutchouc // Philos. Mag. Series 1. 1800. V. 6. P. 154-161.
146. Rusby H.H. Rubber plants of Mexico // Torreya.1909. V. 9. P. 177-184.
147. Salisbury E.J. Henry Nicolas Ridley. 1855-1956 // Biogr. Mems Fell. R. Soc. 1957. V.3. P.141-159.
148. Sanchez P.L., Costich D.E., Friebe B., Coffelt T.A., Jenks M.A., Gore M.A. Genome size variation in guayule and mariola: fundamental descriptors for genomics-assisted breeding of polyploid plant taxa // Ind. Crop. Prod. 2014. V. 54. P. 1-5.
149. Sando T., Takaoka C., Mukai Y., Yamashita A.,Hattori M., Ogasawara N., Fukusaki E., Kobayashi A. Cloning and characterization of mevalonate pathway genes in a natural rubber producing plant, *Hevea brasiliensis* // Biosci. Biotechnol. Biochem. 2008. V. 72. P. 2049-2060.
150. Saunders A.T. Rubber found in milkweed // India Rubber World. 1910. V. 43. P. 4.
151. Saunders W. On the manufacture of rubber from a milkweed // Am. Pharm. Assoc. Proc. 1875. V. 23. P. 655-658.
152. Saunders W. On the manufacture of rubber from a milkweed // Amer. Pharmaceutical Assoc. Proceed. 1875. V.23. P.655-658.
153. Schmidt T., Lenders M., Hillebrand A., van Deenen N., Munt O., Reichelt R., Eisenreich W., Fischer R., Prüfer D., Gronover C.S. Characterization of rubber particles and rubber chain elongation in *Taraxacum koksaghyz* // BMC Biochem. 2010. V.11. 11.
154. Schultes R.E. The history of taxonomic studies in *Hevea* // Bot. Rev. 1970. V. 36. P. 197-276.
155. Singh A.P., Wi S.G., Chung G.C., Kim Y.S., Kang H. The micromorphology and protein characterization of rubber particles in *Ficus carica*, *Ficus benghalensis* and *Hevea brasiliensis* // J. Exp. Bot. 2003. V.54. P.985-992.
156. Spence D. Treatment of guayule, etc. Patent US 1753184 A. 1930.
157. Stipanovic R.D., O'Brien D.H., Rogers C.E., Hanlon K.D. Natural rubber from sunflower // J. Agric. Food Chem. 1980. V. 28. P. 1322-1323.
158. Stipanovic R.D., Seiler G.J., Rogers C.E. Natural rubber from sunflower. II. // J. Agric. Food Chem. 1982. V. 30. P. 611-613.
159. Suomela H. On the possibilities of growing *Taraxacum kok-saghyz* in Finland // Helsinki Valtion Maatalouskoetoiminnan Julkaisuja. 1950. V. 132. 133 p.
160. Sussman G.L., Beezhold D.H., Kurup V.P. Allergens and natural rubber proteins // J. Allergy Clin. Immunol. 2002. V. 110. P. 33-39.
161. Swanson C.L., Buchanan R.A., Otey F.H. Molecular-weights of natural rubbers from selected temperate zone plants // J. Appl. Polymer Sci. 1979. V. 23. P. 743-748.
162. Tang C., Qi J., Li H., Zhang C., Wang Y. A convenient and efficient protocol for isolating high-quality RNA from latex of *Hevea brasiliensis* (para rubber tree) // J. Biochem. Biophys. Methods. 2007. V.70. P.749-754.
163. Tata S.K., Choi J.Y., Jung J.-Y., Lim K.Y., Shin J.S., Ryu S.B. Laticifer tissue-specific activation of the *Hevea SRPP* promoter in *Taraxacum brevicorniculatum* and its regulation by light, tapping and cold stress // Ind. Crop. Prod. 2012. V. 40. P. 219-224.

164. Tullo A.H. Guayule rubber gets ready to hit the road // Chem. Eng. News. 2015. V. 93. P. 18-19.
165. Ure A. An examination of the differences in chemical composition between cotton-wool, cotton-cloth and turkey-red calicoes // The Quarterly journal of science, literature and art. 1826. V. 21. P.28-34.
166. van Beilen J.B., Poirier Y. Guayule and Russian dandelion as alternative sources of natural rubber // Crit. Rev. Biotechnol. 2007. V.27. P.217-231.
167. van Deenen N., Bachmann A.L., Schmidt T., Schaller H., Sand J., Prüfer D., Gronover C. Molecular cloning of mevalonate pathway genes from *Taraxacum brevicorniculatum* and functional characterisation of the key enzyme 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase // Mol. Biol. Rep. 2012. V.39. P.4337-4349.
168. Veatch M.E., Ray D.T., Mau C.J.D., Cornish K. Growth, rubber, and resin evaluation of two-year-old transgenic guayule // Symposium on Guayule in honor of Dr. Francis Nakayama held at the Association for the Advancement of Industrial Crops (AAIC) Annual Meeting — Guayule Symposium / Industrial Crops and Products. 2005. V.22. P.65-74.
169. Venkatachalam P., Priya P., Jayashree R., Rekha K., Thulaseedharan A. Molecular cloning and characterization of a 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase 1 (*hmgr1*) gene from rubber tree (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.): A key gene involved in isoprenoid biosynthesis // Physiol. Mol. Biol. Plants. 2009. V. 15. P. 133-143.
170. Verheye W. Growth and production of rubber. In: Verheye W. (ed.) Land use, land cover and soil sciences encyclopedia of life support systems (EOLSS).Oxford, UK, UNESCO-EOLSS Publishers. 2010. 20 p.
171. Vranová E., Coman D., Gruißsem W. Network analysis of the MVA and MEP pathways for isoprenoid synthesis //Annu. Rev. Plant Biol. 2013. V. 64. P. 665-700.
172. Wahler D., Colby T., Kowalski N.A., Harzen A., Wotzka S.Y., Hillebrand A., Fischer R., Helsen J., Schmidt J., Gronover C., Prüfer D. Proteomic analysis of latex from the rubber-producing plant *Taraxacum brevicorniculatum* // Proteomics. 2012. V.12. P.901-905.
173. Wahler D., Gronover C.S., Richter C., Foucu F., Twyman R.M., Moerschbacher B.M., Fischer R., Muth J., Prüfer D. Polyphenoloxidase silencing affects latex coagulation in *Taraxacum* species // Plant Physiol. 2009. V.151. P.334-346.
174. Watson R.W., Levitin N. Resin-rubber from Canadian grown plants; analytical study of milkweed pod gum // Can. J. Res. 1946. V. 24. P. 95-105.
175. Webster C.C., Paardekooper E.C. The botany of the rubber tree. In: Webster C.C., Baulkwill W.J. (Eds.) Rubber. Longman, New York. 1989. P.57-84.
176. Wei F., Luo S., Zheng Q., Qiu J., Yang W., Wu M., Xiao X.T. Transcriptome sequencing and comparative analysis reveal long-term flowing mechanisms in *Hevea brasiliensis* latex // Gene. 2015. V. 556. P. 153-162.
177. Whaley W.G., Bowen J.S. Russian Dandelion (*Kok-saghyz*). An emergency source of natural rubber // United States Department of Agriculture. Miscellaneous publication No 618. Washington. 1947. 212 P.
178. Whitford H.N. Possibilities of wild and plantation rubber production in tropical America and Africa // Ind. Eng. Chem. 1926. V. 18. P. 1113-1116.
179. Woodcock E.F. Latex-tube areas of the roots and leaves of the Russian dandelion // J. Agric. Res. 1946. V. 72. P. 297-301.
180. Xiang Q., Xia K., Dai L., Kang G., Li Y., Nie Z., Duan C., Zeng R. Proteome analysis of the large and the small rubber particles of *Hevea brasiliensis* using 2D-DIGE // Plant Physiol. Biochem. 2012. V.60. P.207-213.
181. Xie W., McMahan C.M., Degraw A.J., Distefano M.D., Cornish K., Whalen M.C., Shintani D.K. Initiation of rubber biosynthesis: In vitro comparisons of benzophenone-modified diphosphate analogues in three rubber-producing species // Phytochemistry. 2008. V.69. P.2539-2545.
182. Yeang H.Y., Arif S.A., Yusof F., Sunderasan E. Allergenic proteins of natural rubber latex // Methods. 2002. V. 27. P. 32-45.
183. Yokoyama H., Hayman E.P., Hsu W.J., Poling S.M., Bauman A.J. Chemical bioinduction of rubber in guayule plant // Sci. 1977. V. 197. P. 1076-1078.
184. Zhang Z., Iaffaldano B.J., Xie W., Blakeslee J.J., Cornish K. Rapid and hormone-free *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation in rubber producing dandelions *Taraxacum kok-saghyz* and *T. brevicorniculatum* // Industrial Crops and Products. 2015. V.66. P.110-118.

Хронология и места происходивших знаковых событий,  
связанных с натуральным каучуком<sup>40</sup>

Автор/народ	Дата	Место	Событие	Примечание
Мокауа	1800 лет до н.э.	Мексика	Начало культуры Мокауа, считающейся предшественниками ольмекской культуры и культуры майя. Мокауа означает «кукурузные люди»	
Мокауа/Olmec	1600 лет до н.э.	Мексика	Старейшая известные ритуальные шары культуры Мокауа/Olmecs. Olmecs означает «каучуковые люди».	
Геродот	400 лет до н.э.	Занзибар	Сообщается о том, что местные племена играли высоко подпрыгивающими шарами, что является единственным упоминанием о таких играх в Старом свете	
Ацтеки и Майя	600 лет	Мексика и Центральная Америка	Экспонаты в Национальном музее в Мексике, говорящие об изготовлении латексных шаров/мячей, каучуковой обуви и др.	
Х.Колумб	1493	Гаити	Европейцы впервые наблюдают каучуковые шаря/мячи	Запись сделана не самим Х.Колумбом
Ф.Кортес	1519	Мексика	Наблюдал один из вариантов игры с каучуковыми мячами с правителем Montezuma	
Bartolome de la Casas	1523	Испания	Начало написания «Apologetica Historia de las Indias», в которой сообщается о каучуковых мячах, привезенных Х.Колумбом в Севилью	Опубликована только в 1875г.!
Ф.Кортес	1528	Испания	Возвращение в Испанию с двумя командами аборигенов - игроков в мяч	
P. Anghiera	1530	Испания	Первое печатное упоминание о каучуке (gummi optima)	
De Motolina	1536	Испания	Описание религиозных ритуалов ацтеков, связанных с каучуком	
M. Lok	1612	Англия	Перевод книги Peter of Angiera 1530 года на английский язык	
Torquemada	1615	Мексика	Наблюдение как индейцы делают с помощью каучука водонепроницаемую одежду, окуная в латекс	
Fr. A. Viera	1651	Амазония	Иезуитами основан город Сантарем, где затем проживал Henry Wickham.	
B. Cobo	1653	Испания	Ассоциация слова «Cachuc», которое на языке Kechua связано с поклонением волшебству, которое в свою очередь связано с каучуковыми мячами (шарами)	
Charles Marie de la Condamine Шарль де ла Кондамин	1735 - 1745	Анды	Первое описание каучукового дерева, названного им Nhévé поскольку местные жители его именно так и называли. Впервые употребил слово «latex» для описания млечного сока из данного дерева	
François Fresneau	1743 - 1746	Французская Гвиана	Первый из европейцев оценил практическую ценность каучука	
F Fresneau	1747	Сайенне	Описал настоящую гевею <i>Hevea brasiliensis</i>	
Шарль де ла Кондамин	1751	France	Представил свою с F.Fresneau работу о каучуке Парижской академии наук	
Don José	1755	Португалия	Король Португалии послал свои сапоги в Южную Америку в г.Пара, чтобы их сделали водоотталкивающими	
F. Fresneau	1761	Франция	Обнаружил, что скипидар идеальный растворитель для	

<sup>40</sup> Приведенные в данном Приложении сведения частично взяты нами из англоязычного ресурса <http://www.bouncing-balls.com/timeline/timeline0.htm>, претерпев нашу редакцию и пополнившись рядом важных дополнений и комментариев.

			каучука и доложил об этом министру Bertan, который считается, что специально совершил утечку информации двум профессиональным химикам Herrisant и Macquer.	
Herrisant & Macquer	1763	Франция	Опубликовали работы, в которых сообщали о скипидаре как растворителе каучука, получив тем самым незаслуженную похвалу	
Macquer	1768	Франция	Заменял скипидар эфиром и смог получить прочную нелипкую пленку из каучука; на основе воска как формы изготовил трубку и предложил использовать в качестве катетера	
Macquer	1769	Франция	Изготовил для короля Пруссии Фредерика «прорезиненные» сапоги для верховой езды многократным окунанием в раствор каучука	
P. Poivre	1769	Мавритания	Первое наблюдение африканского каучука, вероятно из растения Landolphia	
E. Nairne	1770	Англия	Начало продаж полудюймовых кубиков из каучука, продававшихся в арт-магазинах за 3 шиллинга для стирания карандашных записей и рисунков	
Дж. Пристли	1770	Англия	Назвал каучуковые кубики для стирания карандаша «INDIA RUBBER»	Дж. Пристли – открыватель кислорода. Вскоре от India Rubber осталось только rubber
M. Vaucasan	1772	Франция	Попросил министра Bertan написать письмо F.Fresneau, чтобы получить больше информации о каучуке	Иногда это рассматривается как толчок к развитию резиновой промышленности
J.C.A. Theden	1777	Германия	Предложил использовать катетеры, армированные спирально расположенными шелковыми нитями, покрытыми каучуком	
A. Juliaans	1780	Голландия	Первая диссертация по каучуку (University of Utrecht). В ней делается вывод, что ботаники, изучая каучуковые деревья, на самом деле, имело дело с разными видами. Приводятся примеры применения каучука для изготовления различных медицинских изделий, включая катетеры.	
F. de St Fond	1781	Франция	Первое упоминание о обрешивании ткани воздушного шара	
V. Cervantes	1786	Мексика	Описал технологию коренных мексиканских народностей для изготовления каучука из латекса дерева «Ule», который коагулируют раствором уксусной кислоты для получения чистого твердого каучука.	
Roberts & Dight	1790	Англия	Первый патент с упоминанием каучука, используемого для обработки холстов для рисования масляными красками	
G. Fabroni	1791	Англия	Описал результаты двадцатилетних исследований такого хорошего растворителя каучука как «naphtha»	
S. Peal	1791	UK	Патентование способа придания водоотталкивающих свойств многим тканям с помощью раствора каучука или непосредственно латекса.	
Fourcroy	1791	Франция	Стабилизация латекса щелочью	
W. Roxburgh	1801	Франция	Возможно первое получение эбонита путем пропускания хлора через раствор каучука в присутствии сероуглерода, что привело к образованию белой неэластичной массы	
	1803	Франция	Возможно появление первой «Резиновой мануфактуры» в пригороде Парижа, изготавливающей эластичные ленты	
Fourcroy & Nicholson	1804	Франция	Предложено стабилизированный щелочью латекс доставлять в Европу	

Кулуев Б.Р. и др... «Натуральный каучук»

J.F. Hummel	1813	США	Первый патент в США, в котором упоминается каучук	
T. Hancock	1819	Англия	Первым начал использовать раствор каучука для изготовления в промышленных масштабах различных товаров	
T. Hancock	1820	Англия	Первый патент на эластичные элементы одежды из каучука. Открыл фабрику в Лондоне «James Lync Hancock»	
T. Hancock	1820	Англия	Создал машину для измельчения каучука, включая каучуковый утиль, названную Masticator.	
C. Macintosh	1823	Англия	Предложил трехслойный материал из двух тканей, между которыми располагался слой каучука, что придавало водоотталкивающие свойства и исключало липкость.	
T.C. Wales	1825	США	Первая продажа резиновой обуви в США	
M. Faraday	1826	Англия	Установил эмпирическую формулу каучука - $C_5H_8$ .	
T. Hancock	1826	Англия	Достигнуто согласие с С. Macintosh по выпуску обрезиненных изделий на фабрике последнего в Манчестере	
	1827	Англия	Первое упоминание об использовании резиновых шлангов на пожаре, имевшем место в Лондоне	
T. Hancock	1827	Англия	Запатентовал машину для равномерного распределения раствора каучука	
J.N. Reithofer	1828	Австрия	Запатентовал резиновую нить, которой можно обматывать материалы для придания им эластичности	
E.M. Chaffee	1828	США	В США основана первая американская резиновая компания Roxbury India Rubber Co	
//	1820 – 1830	США	В среднем около 500 тысяч пар резиновых галош импортируется из Бразилии	
T. Hancock	1830	УК	Использование латекса для платьев и украшений	
E.F. Leuchs	1831	Германия	Расплав серы и каучука привел к образованию углеродобной массы, напоминающей эбонит	
F. Lüddersdorf	1832	Германия	Смешал резину и немного серы в растворе, подогревая, чтобы искусственно состарить материал и снизить его липкость – первая вулканизация?	
E.M. Chaffee	1832	США	Roxbury India Rubber Co. начали собственное производство резиновой обуви в США	
Г.Кирштен	1832	Россия	Основана первая резиновая фабрика в России	В 1863 г. слилась с Т.Р.А.Р.М.
T. Hancock & C. Macintosh	1834	Англия	T.Hancock стал директором фабрики Chas Macintosh and Co.	
J. Thurston	1835	Англия	Предложил изготавливать из резины края бильярдного стола	
C. Goodyear	1834	США	Стал заинтригованным новым материалом – каучуком после посещения в Нью-Йорке магазина резиновых товаров фирмы Roxbury India Rubber Co.	
W. Hancock	1836	Англия	Применил раствор каучука для переплета книг	
T. Hancock	1837	Англия	Наконец раскрыл детали своей машины для дробления каучука - Masticator	
N. Hayward	1838	США	Запатентовал процесс «Соляризации» входе которого обрабатывают раствор каучука в скипидаре вместе с серой воздействием солнечного света. Патент US 1090 от февраля 1839 г.	
C. Goodyear	1839	США	Получил права на патент N.Hayward на процесс соляризации и начал экспериментировать со смесями каучука и серы	

C. Goodyear	1839	США	Оставил смесь каучука, серы и свинцовых белил на горячей плите, что привело к образованию материала, который больше не реагировал на нагрев/охлаждение и потерял свою липкость.	
	1841	США	Первый коммерческий вулканизированный материал – резиновая нить для “гофрированной” ткани.	
J.A. Fanshawe	1841	Англия	Патент на дробитель резины с упоминанием, что она содержит конкретные добавки в виде серы и окиси свинца в качестве непрозрачного наполнителя	
S. Moulton	1842	Англия-США-Англия	Англичанин приехал в Америку, взяв образцы резины Ч.Гудьира, поехал в Великобританию для ведения переговоров с заинтересованными сторонами в Великобритании	
W. Brockedon	1842	Англия	Показал Т.Хэнкоку образцы резины Ч.Гудьира и предложил термин «вулканизация» для производства таковой	
	1842	Англия	Англия начала импорт каучука из <i>Ficus elasticus</i> и <i>Urceola elastica</i> из Сингапура	
T. Hancock	1842 / 1843	Англия	Идентифицировал наличие серы в образцах резины Ч.Гудьира	
C. Goodyear	1843	США	Подана заявка на первый патент в США на вулканизированную резину	
T. Hancock	1843	Англия	Изготовил «твердую резину» (эбонит/вулканит)	
T. Hancock	1843	Англия	В ноябре 1843 получил английский патент на вулканизированную резину	Тем самым опередил Ч.Гудьира с его подачей аналогичного патента в Англии на 8 недель
C. Goodyear	1844	Англия	В феврале 1844 г. в выдаче английского патента на вулканизированную резину отказано	В США патент Ч.Гудьира действовал
T. Forster	1844	Англия	Предложил изготавливать из резины куклы и другие детские игрушки	
J. Thurston	1845	Англия	Предложил для бильярдных столов использовать вулканизированную резину	
R.W. Thompson	1845	Англия	Запатентовал пневматические шины для транспортных средств, но таковых подходящих еще не было, чтобы достигнуть коммерческого успеха!	Это случилось только в 1888 г.
C Hancock	1846	Англия	Запатентовал губчатую вулканизированную резину	
J.G. Ingram	1847	Англия	Начато производство из вулканизированной резины воздушных шаров.	
C. Goodyear	1851	США	Предложил использовать эбонит в качестве связующего слоя между резиной и металлом	
N. Goodyear	1851	США	Брат Чарльза Гудьира – Нельсон Гудьир запатентовал в США эбонит	
	1851	Англия	На всемирной выставке в Лондоне представлено множество товаров из вулканизированной резины и эбонита	
	1851	США	Обувь из вулканизированной резины производится в количестве более 5 млн. пар в год	
W. Johnson	1853	Англия	Предложил использовать аммиак в качестве стабилизатора латекса	
W. Johnson	1854	Англия	Патентует пресс для изготовления изделий из вулканизированной резины	

Кулуев Б.Р. и др... «Натуральный каучук»

	1855	Франция	На всемирной выставке в Париже как и в 1851 г. Лондоне представлено множество товаров из вулканизированной резины и эбонита. Представлена книга Ч. Гудьера «Gum Elastic», отпечатанная на страницах из резины и с обложкой из эбонита, украшенная резьбой	
H. Lee Norris & S.T. Parmelee	1856	Шотландия	Британский производитель вулканизированной резины North British Rubber Co организовал производство резиновой обуви в Шотландии, чтобы выйти из-под действия английского патента Т.Хэнкока.	
	1856	Германия	Фирма Harburger Gummi-Kamm-Co начала производство расчесок из эбонита	
T. Hancock	1857	Англия	Опубликовал свою книгу «Personal Narrative»	
Ф.И.Крауцкопф, Л.Смит, И.Дирсен	1860	Россия	Основана фабрика Товарищества российско-американской резиновой мануфактуры (Т.Р.А.Р.М.)	В сильно урезанном виде существует и сейчас
G. Williams	1860	Англия	Разложил каучук и выделил соединение $C_5H_8$ , назвав его изопреном	
	1860	Бразилия	Стоимость каучука превышает стоимость серебра	
	1860		Мировая продукция каучука превысила 1500 тонн	
J. Leighton	1862	США	Изобрел штамп из резины	
	1862	Англия	Изобретение надувной резиновой камеры (и насоса, чтобы ее надуть) для мяча положило начало современному футболу	
R.W. Thomson	1867	Англия	Получен патент на твердые шины из вулканизированной резины для паровых машин	
	1868	США	Начало выпуска обуви с текстильной верхней частью и подошвой из вулканизированной резины	
	1875		Мировая продукция каучука превысила 10 тысяч тонн	
H. Wickham	1876	Бразилия	Собрал для королевского ботсада в Kew в Англии 70 тысяч семян <i>Hevea brasiliensis</i>	Событие, трактуемое сейчас неоднозначно
	1876	Сингапур	50 саженцев гевеи прибыли из Англии, но все погибли по недосмотру	
R. Cross	1876	Бразилия	Доставил саженцы гевеи в Kew	
R. Cross или H. Wickham?	1877	Сингапур	22 саженца гевеи доставлены из Англии жизнеспособными	
W. Curie	1877	Англия	Патентуется мяч для гольфа из резины	
G. Bouchardat	1879	Франция	Осуществил полимеризацию изопрена в каучук	Первый синтетический каучук?
H. Trimen	1882	Шри Ланка	Отправлена пробные образцы местного каучука для их анализа в Англию	
C. Macintosh	1884	Англия	Изобрел шины для велосипедов.	
	1884	Англия	Опубликован первый номер журнала The India Rubber Journal	
Daimler & Benz	1885	Германия	Произведен первый в мире автомобиль	
	1885	Бельгийское Конго	Экспортирован первый африканский каучук	
	1887	Бельгийское Конго	30 тонн каучука экспортировано	
H.N. Ridley	1888	Сингапур	Начало каучуковых плантаций в ЮВА	
J.B. Dunlop	1888	Англия	Повторное изобретение пневматических шин	К этому времени и велосипеды и автомобили уже появились и потому такие шины оказались востребованы
Michelin	1889	Франция	Возникновение фирмы Michelin	

H. Du Cros & J.B. Dunlop	1889	Англия	Возникновение фирмы Pneumatic Tyre Co., ставшей впоследствии Dunlop Rubber Co.	
W.S. Halstead	1889	США	Первое использование резиновых перчаток в операционной	Изготовлены компанией Goodyear Rubber Co
H.C. Pearson	1889	США	В Нью-Йорке основан журнал «India Rubber World»	
	1890	Амазония	20 тысяч тонн каучука экспортировано из общей мировой продукции в 30 тысяч тонн	
	1890	Бельгийское Конго	130 тонн каучука экспортировано	
W. Tilden	1892	Англия	Синтез каучука из изопрена	
H.J. Doughty	1896	Англия	Запатентован процесс вулканизации целой автопокрышки	Dunlop Rubber Co
H.N. Ridley	1897	Малайзия	Доказывал, что гевейное дерево лучше всех остальных каучуконосов для производства каучука в Малайзии	
H.N. Ridley	1897	Малайзия	Разработал способ сбора латекса путем подсочки, мало отличающийся от того, что используется и поныне. Этот способ значительно повысил урожай и способствовал продлению жизни дерева	
W. McKinley	1897	США	Президент США McKinley предложил выращивать каучуконосы на территории США	
братья F.Seiberling и C.Sieberling	1898	США	Основана фирма Goodyear Tire & Rubber Co	Названа в честь Чарльза Гудьера, но тот не имеет к ней никакого другого отношения
	1900		Мировая продукция каучука превысила 50 тысяч тонн	
Firestone	1900	США	Основана компания Firestone Tyre and Rubber Co	
S.C. Mote	1906	Англия	Первое практическое использование черной сажи в качестве наполнителя для шин	
Pickles	1910	Англия	Предположено, что натуральный каучук может состоять из изопреновых цепочек очень большой длины	
	1910		Продукция каучука из дикой природы составила 85 тысяч тонн (50% амазонского, по 25% африканского и мексиканского), а также 11 тысяч тонн плантационного	
Goodyear	1912	USA	Goodyear built the first US airship.	
	1914		Производство каучука на плантациях превысило собираемого в дикой природе -75000 тонн плантационного против 49000 тонн природного	
И.И.Остромысленский	1913	Россия	Издан книгу «Каучук и его аналоги», объемом 424 стр.	Раритет, доступна на сайте ГПНТБ
И.И.Остромысленский	1915	Россия	Впервые предложены органические безсерные вулканизаторы	
	1920		Мировое производство натурального каучука достигло 350 тысяч тонн, и только 37 тысяч тонн собрано не на плантациях, а дикой природе	
В.Е. Lorentz	1922	США	Предложен тиурам	
	1925 / 1926	Malaysia	Образование в Малайзии Rubber Research Institute of Malaysia	
Г.Форд	1927	Бразилия	Начало строительства «Fordlandia» – полноценного города в джунглях Амазонки для добычи плантационного каучука из более чем миллиона деревьев гевей	
ЦК ВКП(б)	25 декабря 1929 г.	Москва	Постановление ЦК ВКП(б) об отечественном каучуке	
	1930	Москва	Созданы Главкаучук и трест «Каучуконос»	
Carothers, Williams, Collins	1931	USA	DuPont разработал Duprene, ставший затем Neoprene (неопреном).	

Кулуев Б.Р. и др... «Натуральный каучук»

& Kirby				
И.В.Сталин	4 февраля 1931	Москва	Выступление И.В.Сталина на Первой Всесоюзной конференции работников социалистической промышленности	Данное выступление стало стимулом для решения проблемы производства отечественного каучука
АН СССР	1931-1932	СССР, Монголия	Ботанические экспедиции, одной из основных целей которых было выявление каучуконосов	Проведено 30 экспедиций
	1932	СССР	Первое в мире промышленное производство полибутадиенового каучука	
	1933		Синтетический каучук впервые вошел в мировую статистику – произведено 2 тысячи тонн	
	1934	Бразилия	Естественный вредитель гевеи – грибок-аскомицет, вызывающий пятнистость листьев, истребил плантацию гевей в Фордландии. Конец бразильской мечте о плантационной индустрии гевейного каучука	
	1935	СССР	Совпрен – советский эквивалент неопрена	
	1936	Франция	Французский институт каучука - Institut Francais du Caoutchouc	
	1936	Голландия	Институт каучука – Rubber Stichting	
	1938	Малайзия	Организована Исследовательская ассоциация малазийских производителей натурального каучука -	
	1940	СССР	Показана полимеризация изопрена – полный синтетический аналог природного каучука	
	1940		Мировая продукция натурального каучука превысила 1 млн. 500 тысяч тонн, синтетического – 150 тысяч тонн	
	1950		Мировая продукция натурального каучука превысила 1 млн. 900 тысяч тонн, синтетического – 800 тысяч тонн	
	1952	СССР	Прекращено возделывание отечественных каучуконосов	
	1959		Мировая продукция синтетического каучука превысила производство натурального	
	1960		Мировая продукция натурального каучука превысила 2 млн. тонн, синтетического – 2 млн. 500 тысяч тонн	
	1970		Мировая продукция натурального каучука превысила 3 млн. тонн, синтетического – 5 млн. 750 тысяч тонн	
	1980		Мировая продукция натурального каучука превысила 3 млн. 850 тысяч тонн, синтетического – 8 млн. 250 тысяч тонн	
	1990		Мировая продукция натурального каучука превысила 5 млн. 200 тысяч тонн, синтетического – 9 млн. 300 тысяч тонн	
	1990		Общее число плантационных гевейных деревьев превысило 5 миллиардную отметку	
	1997		Мировая продукция натурального каучука превысила 6 млн. 500 тысяч тонн, синтетического – 8 млн. 700 тысяч тонн	
	2008	Европа	Создание Консорциума EU-PEARLS (Production and Exploitation of Alternative Rubber and Latex Sources)	
	2011	Казахстан	100 инноваций, среди которых добыча каучука из кок-сагыза	

Некоторые растения-каучуконосы

*Aporynaceae* - Кутровые

*Alstonia boonei*  
*Apocynum cannabinum*  
*Apocynum hypericifolium*  
*Apocynum androsaemifolium*  
*Clitandra*  
*Conopharyngia*  
*Cynanchum*  
*Dyera costulata*  
*Funtumia elastica* (Preuss) Stapf  
*Gonocrypta*  
*Hancornia speciosa*  
*Landolphia droogmansiana*  
*L. gentilii*  
*L. heudelotii*  
*L. kirkii* Dyer  
*L. owariensis*  
*Nerium oleander*  
*Pentopetia*  
*Plectaneia*  
*Secamonopsis*  
*Urceola elastica* Roxb.

*Asclepiadaceae* – Ластовневые

*Asclepias syriaca* L.  
*Asclepias subulata* Decne  
*Asclepias linaria*  
*Asclepias speciosa*  
*Cryptostegia grandiflora* R.Br.  
*Cryptostegia madagascariensis* Boj.  
*Cynanhum acutum*  
*Gonocrypta grevii*  
*Pantopetia*  
*Periploca canescens*

*Asteraceae* - Сложноцветные

*Cacalia atriplicifolia*  
*Chondrilla* sp.  
*Chrysothamnus nauseosus*  
*Crepis*  
*Ericameria nana*  
*Galium verum*  
*Gerbera*  
*Helichrysum*  
*Hymenoxys odorata*  
*Inula*  
*Lactuca serriola* L.  
*Lactuca sativa*  
*Lactuca canadensis*  
*Mulgedium*  
*Parthenium argentatum* A.Gray  
*Saussurea*

*Senecio*

*Serratula*  
*Scorzonera acanthoclata*  
*Scorzonera tau-saghyz* Lipsch et Bosse  
*Scorzonera usbekistanica* Czevr. & Bondarenko  
*Solidago altissima* L.  
*Solidago leavenworthii* Torr. & A.Gray  
*Tanacetum vulgare*  
*T.bessarabicum*  
*T.brevirostre*  
*Taraxacum ceratophorum*  
*Taraxacum hybernum* Stev. (другое название -  
*T.megalorrhizon*)  
*Taraxacum kok-saghyz* Rodin  
*T.leucanthum*  
*T.mongolicum*

*Cactaceae* - Кактусовые

*Mammillaria* sp.

*Campanulaceae* - Колокольчиковые

*Adenophora*  
*Campanula alliariaefolia*

*Convolvulaceae* - Вьюнковые

*Calystegia*  
*Convolvulus*

*Euphorbiaceae* - Молочайные

*Euphorbia characias*  
*Euphorbia esula*  
*Euphorbia heterophylla*  
*Euphorbia lactiflua*  
*Euphorbia lorifolia*  
*H.benthamiana*  
*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Muell.-Arg.  
*H.guianensis*  
*Manihot dichotoma*  
*Manihot glaziovii*

*Moraceae* - Тутовые

*Artocarpus heterophyllus*  
*Castilla elastica* Cerv.  
*Ficus carica*  
*Ficus elastica* Roxb. ex Hornem.  
*Ficus pumila*  
*Ficus retusa*  
*Ficus utilis*  
*Ficus vogelii*  
*Teonongia tonkinensis*

**Продукция разными странами натурального каучука \***  
(по данным за 2013 г., в метрических тоннах) \*\*

№ п/п	Страны	Каучук
1	Таиланд	3575000
2	Индонезия	3107544
3	Вьетнам	949100
4	Индия	900000
5	Китай	864806
6	Малайзия	826421
7	Кот-д'Ивуар	289563
8	Бразилия	185725
9	Мьянма	148000
10	Нигерия	143500
11	Шри-Ланка	130421
12	Филиппины	111204
13	Гватемала	105300
14	Либерия	63000
15	Камерун	56000
16	Мексика	51397
17	Камбоджа	43000
18	Гана	21440
19	Габон	21000
20	Эквадор	20500
21	Боливия	18500
22	Гвинея	15600
23	Демократическая республика Конго	12500
24	Папуа Новая Гвинея	9500
25	Бангладеш	6000
26	Республика Конго	2100

\* Приведены страны - основные производители данного вида сырья

\*\* К приведенным цифрам следует относиться как к неким ориентировочным, поскольку по разным источникам они несколько отличаются практически для всех стран. Также надо принимать во внимание, что указываются как метрические тонны, так и то, что в некоторых случаях единицей измерения служит английская тонна, равная 1016 кг.

## NATURAL RUBBER, ITS SOURCES AND COMPONENTS

Kuluev B.R. \*, Garafutdinov R.R. \*, Maksimov I.V., Sagitov A.M.<sup>1</sup>, Chemeris D.A., Knyazev A.V.,  
Vershina Z.R., Baymiev An.K., Muldashev A.A.<sup>2</sup>, Baymiev Al.K., Chemeris A.V.

Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Science Centre of Russian Academy of Sciences, Ufa, chemeris@anrb.ru

<sup>1</sup>Bioscreen Ltd., Ufa

<sup>2</sup>Ufa Institute of Biology of Russian Academy of Sciences, Ufa

### Resume

The history of acquaintance of Europeans to latex of some trees of the New World, and also questions of origin and development of the caoutchouc production are covered in the review since XVIII century up to now. The attention to the confusion taking place in the description of the first rubber-bearing plants is paid. The contribution of a number of scientists and inventors to studying of rubber and its advance as the major raw materials for many groups of industrial goods is noted. Briefly the chemical structure of rubber and a way of biosynthesis in plants are considered. The attention in this review is paid to the description of a big variety of rubber-bearing plants, from which, besides *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Muell.-Arg., as industrial rubber-bearing plants can be considered a guayule *Parthenium argentatum* Gray, the kok-saghyz *Taraxacum kok-saghyz* Rodin. Prospects for commercial use and the krym-saghyz or a autumn dandelion *Taraxacum hybernum* Steven are noted. It is raised the question of allergenicity of separate rubbers. In spite of the fact that production of synthetic rubber continues to increase, demand for natural rubber every year considerably grows. Synthetic rubber in general concedes on quality natural, and the last is irreplaceable by production of the tires experiencing the raised strain. Therefore modern rubber industry more and more needs natural rubber which is generally made from a Hevea. Almost world monopolists on production of natural rubber from a Hevea are some countries of Southeast Asia and Africa. In this regard there is a danger of increase of the world prices for natural rubber in view of the numerous reasons, for example mass death of Hevea plantations a which her natural pathogen can cause. This fungus-ascomycete *Microcyclus ulei* entered in the U.N. list of the biological weapon. In this connection the researches directed on possibility of cultivation of rubber-bearing plants in the territory of Russia in modern conditions taking into account the USSR and the USA experience which is saved up in the 1930-1940 years are presented very actual, and also relying on achievements of biotechnological science of the present time. Interest of Europe in cultivation in the countries of the European Union guayule and the kok-saghyz for what the special Consortium EU-PEARLS was created is noted. In general, the studied literature covers nearly 500 years period and includes the first scientific publication on caoutchouc of 1751 of writing, and also the modern works performed with use of molecular and biological methods. The most sign events connected with rubber in a chronological order, the list of the plants rubber-bearing plants which are characterized by rather high content of rubber, and also the main manufacturing countries of natural rubber are given in three Appendices to this article.

**Keywords:** caoutchouc, natural rubber, latex, vulcanization, rubber, Hevea, guayule, kok-saghyz, krym-saghyz, isoprene, polyisopren, import-substitution

---

\* These authors have an equal contribution in writing this article.