

ХИМИЯ И БАНКНОТЫ: СПАНБОНД, ПОЛИПРОПИЛЕН, ЦВЕТОПЕРЕМЕННЫЕ ПИГМЕНТЫ

В.А. Халецкий

Брестский государственный технический университет

В предыдущих статьях, опубликованных в № 10 и № 11, были рассмотрены банкноты, изображения на которых непосредственно связаны с химией. Но, оказывается, прямое отношение к достижениям современной химической науки имеет любая банкнота в вашем кошельке. Производство ценных бумаг сегодня стало высокотехнологичной отраслью экономики, широко использующей новейшие научные достижения. О некоторых из них будет рассказано в этой статье.

Неудивительно, что первые бумажные деньги появились в Китае. С давних времён китайская культура отличалась специфическим сочетанием уважительного отношения к бумаге и преклонением перед иероглифической письменностью, где каждому символу приписывался мистический смысл. На дорогах Древнего Китая даже ставились специальные печи для сожжения ненужной бумаги, имеющей надписи. Известный специалист в области денежного обращения Китая, сотрудник Эрмитажа, Н.В. Ивочкина отмечает: «Китайское общество оказалось хорошо подготовлено к выпуску бумажных денег и с технической стороны: там давно изготовляли бумагу и доски с зеркально вырезанными в высоком рельефе знаками и изображениями» [1, с. 56]. Первоначально китайские бумажные деньги (цзяоцзы) функционировали как частные долговые обязательства, но уже в 1024 г. согласно императорскому указу в Сычуани были отпечатаны с помощью медных пластин первые в истории государственные банкноты [1, с. 72; 2, с. 156].

В Европу бумажные деньги пришли только через шесть веков. В 1661 году Иоганн Палмструх, основатель частного Стокгольмского банка (Stockholms Banco) приступил к выпуску первых кредитных билетов (рис. 1). К сожалению, количество эмитированных банкнот быстро превысило финансовые возможности банка, и вскоре он обанкротился, а сам главный банкир попал в тюрьму [3]. До настоящего времени дожили считанные экземпляры таких банкнот, все они считаются большой редкостью у коллекционеров.



Рис. 1. Кредитный билет, Швеция, лицевая сторона

Исторически так сложилось, что до конца XX века основным материалом для изготовления банкнот служила бумага. В кризисные моменты истории, когда бумаги не хватало, её заменяли другие материалы. Так, в 1920-е годы в Туркестане банкноты вручную печатали на шёлке, а во время англо-бурской войны в 1902 г. для изготовления банкнот

использовали ткань хаки, предназначенную для обмундирования. Даже кожа и деревянные дощечки годились для изготовления денег в трудное время.

Сегодня стандартом для изготовления банкнот является бумага из хлопка, отличающаяся высокой прочностью и износостойкостью. Она, в частности, служит основой для изготовления американских долларов. Иногда в хлопок добавляют льняное волокно. Некоторые страны используют национальные материалы для создания бумажных денег. Так японские иены печатаются на хлопковой бумаге с добавлением волокон *эдгевортии бумажной* или *бумажного дерева* – кустарника семейства волчниковых. Такой выбор неслучаен: волокна *эдгевортии* являются основой традиционной японской бумаги – *васи*. Филиппинские песо изготавливают на особой бумаге, содержащей волокна *абаки* или *текстильного банана* (рис. 2). Абака придаёт бумаге высокую механическую прочность.

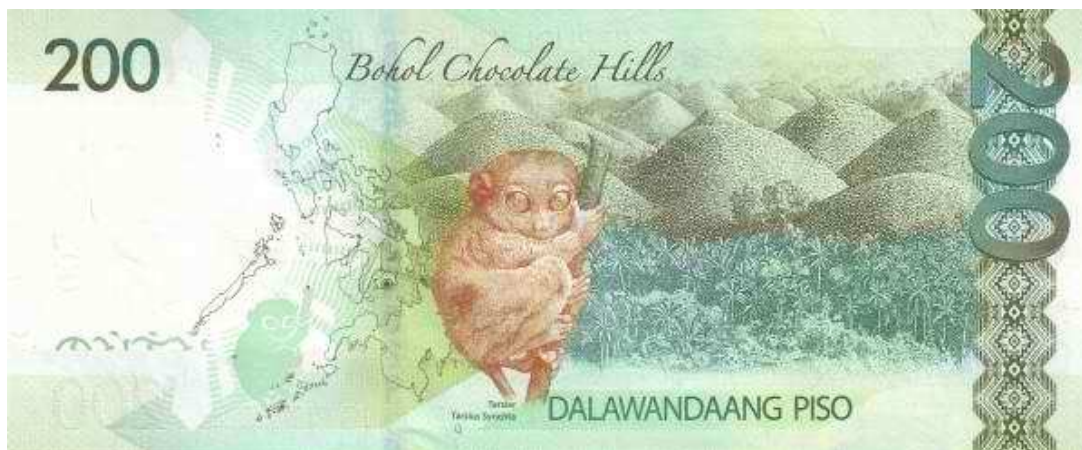


Рис. 2. 200 песо, Филиппины, оборотная сторона

Несмотря на то, что на первый взгляд, бумага кажется самой подходящей основой для печати банкнот, а во многих языках закрепилось устойчивое выражение *бумажные деньги*, она обладает рядом существенных недостатков. Несмотря на все попытки увеличить прочность бумаги, всё равно к ней остаётся много претензий – для этого достаточно посмотреть на ветхую купюру из кошелька. На местах многократных сгибов банкноты рвутся, иногда их даже подклеивают скотчем. Очень часто у банкнот отрываются уголки. Со временем банкноты сильно загрязняются, а изображение на них механически вытирается. Отдельная история – низкая водостойкость бумаги. Случайно постиранные бумажные деньги практически всегда подлежат обмену. В развитых странах, в том числе и в Республике Беларусь, центральные банки внимательно отслеживают состояние банкнот в обращении, вовремя изымая ветхие и загрязнённые дензнаки, причём обходится такая процедура недёшево.

В странах с менее развитой экономикой ситуация значительно хуже. Во-первых, из-за низкой покупательной способности населения в обращении находятся банкноты с очень малым номиналом, иногда сопоставимым со стоимостью изготовления самой банкноты. Понятно, что часто заменять на новые такие дензнаки никто не будет. Во-вторых, страны третьего мира зачастую расположены в зонах тропического климата с высокой влажностью и температурой. Такие условия являются губительными для бумаги. В-третьих, национальные традиции обращения с денежными знаками далеко не всегда способствуют их сохранности. В результате складывается ситуация, описанная в блоге сотрудника гуманитарной миссии ООН в Гаити: *«Деньги изнашиваются до дыр, до полного истощения рисунка, бедняки складывают купюры несколько раз и носят с монетами во рту. <...> Купюры могут не допечатываться десятилетиями, превращаясь постепенно в едва узнаваемые лохмотья»* [4]. Ему вторит блогер из Янгона: *«В Мьянме же если ты получаешь сдачу мелкими банкнотами – то чаще всего это будут полуразложившиеся грязные бумажки с обтрепанными краями и дырами на сгибах, много раз переклеенные скотчем»* [5].

Первая попытка заменить бумагу на более подходящую основу была предпринята в конце 1970-х – начале 1980-х годов в виде проекта, совместно реализуемого двумя американскими компаниями – североамериканским лидером в производстве ценных бумаг ABNC American Banknote Company (Американской банкнотной компанией) и гигантом мировой химической индустрии Du Pont (Дюпон) [6]. В 1981 г. в своей рекламной брошюре ABNC анонсировала новый субстрат для банкнот – *спанбонд* на основе полиолефинов (полиэтилена), имеющий торговые название *тайвек* (Tyvek™) (рис. 3). Спанбонд – это нетканый материал, производимый из расплава полимера. Для его получения полимер под давлением пропускают через небольшие отверстия (*фильеры*) получая тонкие непрерывные нити, которые затем вытягиваются в воздушном потоке и, укладываясь на движущийся транспортер, образуют текстильное полотно. Скрепляют полотно обычными способами: термоскреплением на каландре или пропиткой связующими с последующей сушкой. Волокна фильерного способа производства обычно нелипкие, когда их осаждают на собирающую поверхность, и непрерывные по длине [7, 8].



Рис. 3. Пробная банкнота, ABNC, спанбонд, лицевая сторона

В 1981 г. начались «полевые испытания» новых банкнот в Гаити. Первоначально было отпечатано около миллиона банкнот номиналами в 1, 2, 50, 100, 250 и 500 гурдов. Первой была выпущена в обращение купюра в 50 гурдов (рис. 4), которая и стала первой в мире полимерной банкнотой.



Рис. 4. 50 гурдов, Гаити, спанбонд, лицевая сторона

Спустя два года, в 1983 г. к испытаниям присоединилась Коста-Рика. Для популяризации новой технологии ABNC бесплатно напечатала на Tyvek™ тираж банкноты в

20 колон (рис. 5). В ближайших планах было изготовление банкнот для Эквадора, Сальвадора, Гондураса, Венесуэлы.

Европа также не отставала от инновационных технологий, и в том же 1983 году остров Мэн выпустил в обращение банкноту в 1 фунт стерлингов (рис. 6) на аналогичной основе из «дюпоновского» спанбонда, правда под другим торговым наименованием – Bradvek™. Банкнота была отпечатана в типографии ценных бумаг Bradbury Wilkinson, которая в то время являлась партнёром ABNC.



Рис. 5. 20 колон, Коста-Рика, спанбонд, лицевая сторона



Рис. 6. 1 фунт стерлингов, остров Мэн, спанбонд, лицевая сторона

Вскоре после начала эксперимента со спанбондом оптимизм изобретателей начал постепенно уменьшаться. Стало ясно, что революция в мире полиграфии в этот раз не произойдёт. Испытания в реальных условиях показали ряд существенных недостатков, которые были не видны в начале. Первая проблема была знакома всем покупателям супермаркета, которые складывают товары в полиэтиленовые пакеты с красочными рисунками. Все мы знаем, что краска держится на них очень слабо и легко переходит на руки. Это связано с тем, что прочно закрепить полярные молекулы красителей на неполярном полиэтилене технически очень сложно. Точно также осыпалась окраска и с инновационных банкнот в процессе их эксплуатации. Более того, длительное время службы приводило к тому, что банкноты сильно загрязнялись и выглядели очень неряшливо. Ну и,

наконец, со временем ослабевали связи между волокнами спанбонда, и банкнота расслаивалась. В результате потребитель с легкостью мог разорвать (и часто, шутки ради, разрывал) купюру на лицевую и оборотную сторону! Эксперимент ABNC был признан неудачным. Однако сам материал TyvekTM не ушёл с рынка. Он продолжает широко использоваться и сейчас, правда, в более привычных сферах применения. В частности из него изготавливают великолепные одноразовые халаты для химических и микробиологических лабораторий.



Рис. 7. 10 долларов, Австралия, бумага, оборотная сторона

В то время, как в Америке и Европе заканчивался неудачный эксперимент с заменой бумаги на спанбонд на другом конце света, в Австралии, стартовал новый проект, который наконец привёл к отмене монополии бумаги как единственной основы для печати банкнот. Но, для начала, немного истории. В 1966 году Резервный банк Австралии выпустил в обращение новую серию банкнот, имевшую все возможные для того времени степени защиты – водяные знаки, металлографическая печать и яркий, красочный дизайн. К ужасу банкиров уже через год появились качественные подделки 10-и долларовой банкноты (Рис. 7). Специалисты банка пришли к выводу, что для длительной защиты банкнот от подделок необходимо придумать такие оптические методы защиты, которые бы легко позволяли публике отличать подлинный дензнак от фальшивки. Была создана рабочая группа для работы над новым проектом, куда вошли специалисты Государственного объединения научных и прикладных исследований (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, CSIRO) – государственного учреждения, аналога академии наук Австралии [9]. После двадцатилетних исследований в 1988 г. общественности была представлена совершенно новая 10-и долларовая банкнота, посвящённая 200-летию открытия зелёного континента (рис. 8-9).

Банкнота отличалась не только эффектным внешним видом, который является заслугой известного австралийского графического дизайнера Гарри Вильямсона, но и представляла собой кульминацию многолетней работы учёных. В качестве субстрата для её печати была использована двухосно ориентированная полипропиленовая плёнка, получившая торговое название GuardianTM. Плёнка представляет собой сэндвич из двух слоёв полипропилена (ориентированных в разные стороны по отношению друг к другу) толщиной 37,5 микрометров, между которыми находится тонкий проклеивающий слой полиолефина толщиной 0,2 микрометра. Получение такой плёнки – сложная задача, требующая наличия экструдеров особой конструкции [10].

На поверхность плёнки был нанесён белый, непрозрачный подслой на основе оксидов кремния SiO₂ и титана TiO₂, на который уже непосредственно осуществлялась печать, обеспечивая высочайшую адгезию пигментов. Использование плёнки позволило впервые в

мире использовать такой элемент защиты, как прозрачное окно, в котором дополнительно размещалось оптически переменное изображение (в данном случае головы капитана Джеймса Кука). Полимерная банкнота обладала совершенно немислимыми для бумаги свойствами – высокой механической прочностью, водостойкостью, низким грязеудержанием. Срок её службы в пять раз превышал срок службы бумажного аналога. Тираж уникальной 10-и долларовой купюры превысил 20 миллионов экземпляров [9].



Рис. 8. 10 долларов, Австралия, полимер, лицевая сторона

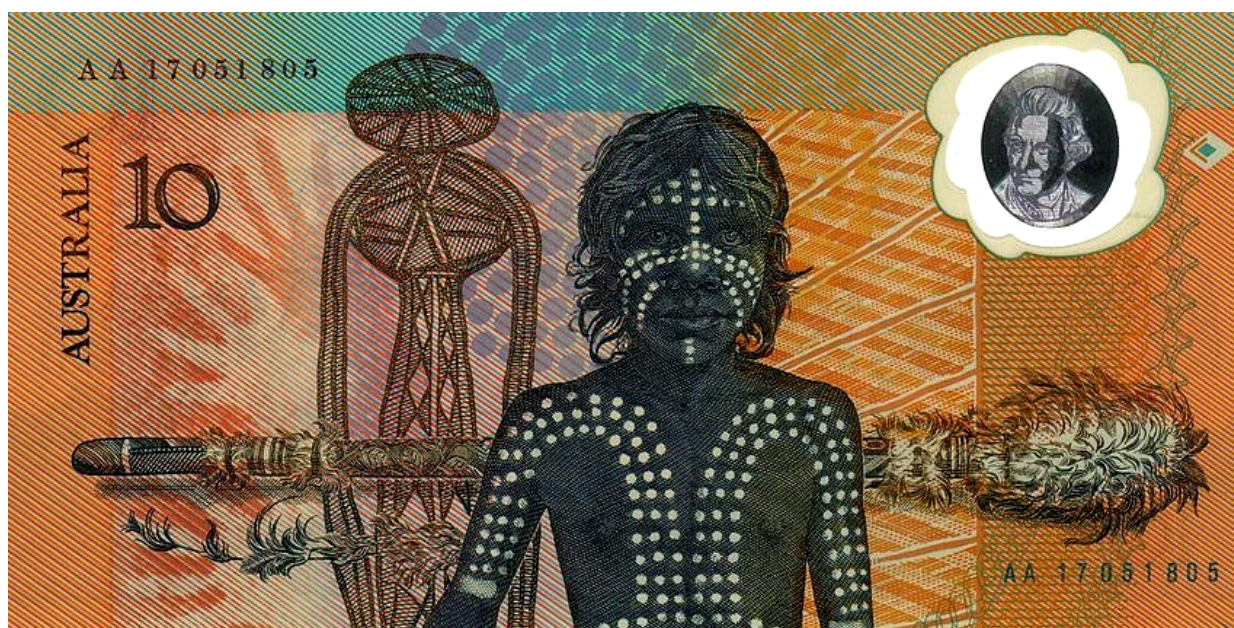


Рис. 9. 10 долларов, Австралия, полимер, оборотная сторона

Общественность также хорошо восприняла новую банкноту, и с 1992 по 1996 гг. Австралия осуществила полный переход на полимерные дензнаки, полностью отказавшись от бумажных денег и надолго застолбив за собой место единственного производителя пластиковых банкнот.

В Европе пионером использования пластиковых денег стала Румыния. В 1999 г. национальный банк этой страны заказал в Австралии первую партию банкнот достоинством в 2 000 леев. Румынская купюра приобрела известность, не только потому, что она стала первым европейским полимерным дензнаком, но и благодаря удивительному изображению

на ней. 11 августа 1999 г состоялось последнее во втором тысячелетии полное солнечное затмение, которое наблюдалось на всей территории этой восточноевропейской страны. Именно этому событию посвящена эта банкнота, тираж которой составил 45 миллионов экземпляров (рис. 10). А с 2001 г. Румыния полностью перешла на полимерные банкноты, оставаясь единственной европейской страной, не имеющей бумажных денег.

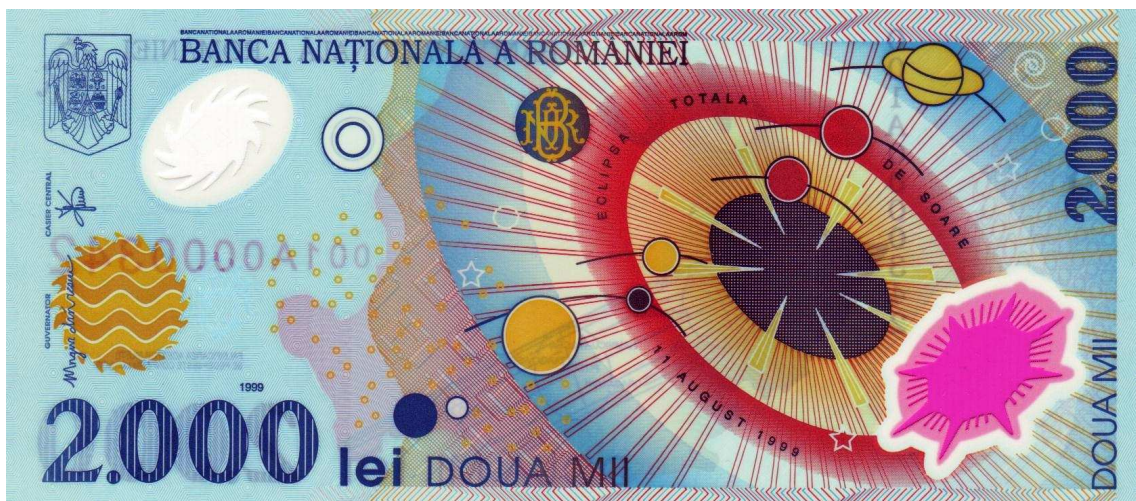


Рис. 10. 2 000 леев, Румыния, полимер, лицевая сторона

В настоящее время на пластиковые банкноты помимо Австралии и Румынии полностью перешли такие страны как Новая Зеландия, Бруней, Вьетнам, Канада, Папуа Новая Гвинея, Сингапур. Производит постепенную замену материала банкнот на полимер Маврикий. Более 20 стран совмещают выпуск бумажных и пластиковых денег. В 2014 г. весьма консервативный Банк Англии решился на использование полипропиленовой плёнки для изготовления 5 и 10 фунтовых банкнот.

Одним из главных преимуществ полимерной основы по сравнению с бумажной является трудность подделки пластиковых банкнот. Первые качественные фальшивки среди полимерных купюр были обнаружены только спустя десять лет после выпуска их в обращение в 2006 г., когда была раскрыта интернациональная преступная сеть, отпечатавшая в Колумбии фальшивые 100-долларовые австралийские банкноты на сумму 5 миллионов (рис. 11). А уже в прошлом году правительство Мексики было вынуждено экстренно изменять дизайн банкноты в 50 песо из-за большого количества подделок (рис. 12). По этой причине Резервный банк Австралии в 2012 году объявил о старте проекта «Банкнота следующего поколения» (The Next Generation Banknote Project), в ходе которого будут апробированы новые методы защиты полимерных банкнот от подделок [11].



Рис. 11. 100 долларов, Австралия, полимер, лицевая сторона



Рис. 12. 50 песо, Мексика, полимер, оборотная сторона

Не нужно думать, что переход на пластиковые деньги происходит легко и безболезненно. В Канаде введение новых денег сопровождалось различными казусами и анекдотичными случаями. Например, среди населения распространился слух о том, что в новые банкноты добавляется вещество с запахом кленового сиропа. А один из обывателей предъявил банковским служащим металлический контейнер с оплавленными полимерными банкнотами, который он якобы забыл возле батареи центрального отопления. Проведённая экспертиза показала, что такие повреждения могли возникнуть, если температура батареи достигала... 400°C! Большие сомнения в правильности решения о частичном переходе на пластиковые банкноты возникли и в Банке Нигерии.

Наверное по этой причине европейские производители банкнот не торопятся с переходом на радикально новые технологии, пытаясь усовершенствовать саму бумагу. Для этого, оказывается, есть большой простор для творчества. Немецкий производитель банкнот, компания Giesecke & Devrient, разработал бумагу под торговыми наименованиями LongLife и Synthes, импрегнированную полиэфиром. Такая бумага отличается высокой прочностью, водоотталкиванием и низким грязеудержанием [12]. Инновационная водоотталкивающая бумага применялась для печати новых банкнот Бутана в 2013 г. (Рис. 13). Обработанная полимерными составами бумажная основа в последние годы широко применяется и другими европейскими производителями банкнот.



Рис. 13. 10 нгултрумов, Бутан, оборотная сторона

Некоторые производители ценных бумаг пошли по пути создания гибридной основы, одновременно сочетающей свойства и пластика и бумаги. Первыми такую технологию использовала компания De La Rue, которая в 2004 г. начала продвигать на рынке бумажный субстрат, содержащий очень широкую (18 мм) защитную полимерную полосу, на которую нанесено алюминиевое покрытие в виде рисунка. Широкий размер полосы позволяет сделать в ней прозрачное «окно», получив таким образом новый элемент защиты от подделок [13]. Полимерная защитная полоса получила торговое название Optiks™. Она была использована в частности для печати банкнот Бермудских островов (рис. 14-15) и Исландии (рис. 16).



Рис. 14. 20 долларов, Бермудские острова, лицевая сторона



Рис. 14. 20 долларов, Бермудские острова, оборотная сторона



Рис. 16. 10 000 крон, Исландия, оборотная сторона

Но, наверное, в наибольшей степени понятию гибридная банкнота отвечают денежные знаки, отпечатанные на материале Durasafe™, разработанном швейцарской фирмой Landqart. Материал представляет собой трёхслойную композицию, в которой между двумя слоями бумаги заключён слой полимера. Durasafe™ может быть использован на полиграфическом оборудовании, применяемом для обычной бумаги. Вместе с тем, такой субстрат позволяет получать на банкнотах степени защиты, ранее достижимые только на чистом пластике, например, прозрачные окна [14]. Первой банкнотой в мире, напечатанной на Durasafe™ стали 25 дирхамов Марокко, выпущенные в обращение в декабре 2012 г. (рис. 17).



Рис. 17. 25 дирхамов, Марокко, лицевая сторона

Химики помогают производителям ценных бумаг не только созданием инновационных основ для печати банкнот, но и разработкой типографских красок, позволяющих получать изображения с необычными оптическими эффектами, которые одновременно служат и защитой от подделок, и являются элементом дизайна банкнот. К таким краскам, в частности, относятся цветопеременные краски – OVI (*optically variable ink*). OVI позволяют получать изображение, цвет которого плавно изменяется от угла зрения, например, от тёмно-зелёного до фиолетового. Создание пигментов для таких красок – сложная задача, поскольку частицы пигмента представляют собой тонкие многослойные чешуйки, которые могут состоять из боросиликата кальция и алюминия, оксида кремния SiO₂, оксида титана TiO₂, оксида олова (IV) SnO₂. Стоимость таких пигментов довольно велика, поэтому чаще всего их используют для обозначения номинала банкноты, как это сделано на новой серии банкнот Бразилии 2010 г. (рис. 18).

Флуоресцентные краски позволяют получать изображения на банкнотах, видимые только в ультрафиолетовом свете, что даёт возможность банковским служащим довольно легко отличить подделку от настоящего дензнака. Изображение 20-и долларовой банкноты Барбадоса 2013 г. в видимом и ультрафиолетовом свете приведено на рис. 19 и 20. Химический состав таких красок держится в секрете фирмами-производителями, но каждый из вас при наличии ультрафиолетовой лампы может убедиться, что способностью к флуоресценции обладают многие вещества из повседневной жизни, например, хинин из напитка тоник.

Что такое *иридисцентные* красители можно узнать, заглянув на обратную сторону банкнот в 5, 10 или 20 евро. Под небольшим углом на купюрах проявляется блестящая полоса, практически невидимая, если смотреть на банкноту прямо. По химическому составу такие красители близки к цветопеременным краскам.



Рис. 18. 10 реалов, Бразилия, лицевая сторона



Рис. 19. 20 долларов, Барбадос, лицевая сторона



Рис. 20. 20 долларов, Барбадос, фрагмент лицевой стороны банкноты в ультрафиолетовом свете

В завершение хочется сказать ещё об одном. Мы живём в мире, где привычные нам вещи вдруг стремительно устаревают и уходят в прошлое. Так может и банкноты после своей тысячелетней истории превратятся в занятный артефакт, чьё место в музее и на страницах исторических книг? К счастью это не так. Опыт Австралии показывает, что, несмотря на развитую систему электронных платежей, количество наличных денег в обращении увеличивается на 5 % каждый год, а 62 % всех транзакций осуществляется с

помощью привычной наличности – монет и банкнот [11]. Наверняка похожие тенденции существуют и в нашей стране.

Давайте извлечём из кошелька смятую банкноту, внимательно рассмотрим и на секунду задумаемся о химиках, материаловедах, технологах, полиграфистах, без труда которых, её появление на свет было бы невозможно.

Литература

1. Ивочкина, Н.В. Возникновение бумажно-денежного обращения в Китае: Эпохи Тан и Сун / Н.В. Ивочкина – М.: Наука. Главная редакция восточной литературы, 1990. – 191 с.
2. Buckley Ebrey, P. East Asia: A Cultural, Social, and Political History / Patricia Buckley Ebrey, Anne Walthall, James B. Palais. – Boston: Houghton Mifflin Company, 2006. – 652 p.
3. The first European banknote [Electronic resource] / Projet Cité de l'Économie et de la Monnaie – Banque de France. – 2014. – Mode of access: <http://www.citedeleconomie.fr/The-first-European-banknote>. – Date of access: 10.08.2014.
4. Деньги, деньги, деньги... [Электронный ресурс] / Живой журнал. – 07.05.2011. – Режим доступа: <http://sinus24.livejournal.com/27165.html>. – Дата доступа: 10.08.2014.
5. Мелочь [Электронный ресурс] / Живой журнал. – 19.05.2011. – Режим доступа: <http://dragon-naga.livejournal.com/48252.html>. – Дата доступа: 10.08.2014.
6. Štraus, S The beginning and the end of Tyvek® bank notes [Electronic resource] / An introduction to the world of polymer bank notes. – 2014. – Mode of access: <http://www.polymernotes.org/resources/polymer.htm>. – Date of access: 10.08.2014.
7. Спанбонд [Электронный ресурс] / Википедия – свободная энциклопедия. – 2014. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BF%D0%B0%D0%BD%D0%B1%D0%BE%D0%BD%D0%B4>. – Дата доступа: 10.08.2014.
8. Мальнев, С.А. Спанбонд: основы технологии производства [Электронный ресурс] / Технический текстиль. – 2007. – № 15. – Режим доступа: <http://rustm.net/catalog/number/77.html>. – Дата доступа: 10.08.2014.
9. Hardwick, B. Advanced Materials for Banknote Application / B. Hardwick, W. Jackson, G. Wilson, A.W.H. Mau. – Advanced Materials. – 2001. – Vol. 13. – No. 12-13. – P. 980-984.
10. Hardwick, B. Guardian Substrate As An Optical Medium For Security Devices / Bruce Hardwick, Ana Ghioghiu. – Proceeding of SPIE (The International Society for Optics and Photonics): Optical Security and Counterfeit Deterrence Techniques III. – Vol. 3973. – 2000. – P. 176-188.
11. Kim, E. The Next Generation Banknote Project / E. Kim, T. Turton. – Bulletin of Reserve Bank of Australia. – 2014. – March Quarter. – P. 1-11.
12. LongLife Durable Paper [Electronic resource] / Giesecke & Devrient. – 2014. – Mode of access: http://www.gi-de.com/en/products_and_solutions/products/banknote_paper/Longlife-banknote-paper-4036.jsp. – Date of access: 10.08.2014.
13. Knight, M. Banknote Substrate & Security Developments: De La Rue Currency [Electronic resource] / The International Association of Currency Affairs. – 2004. – Mode of access: http://currencyaffairs.org/templates/files/library/De_La_Rue.pdf. – Date of access: 10.08.2014.
14. Durasafe [Electronic resource] / Landqart: Swiss Security Paper. – 2014. – Mode of access: <http://www.landqart.com/durasafe/?L=1>. – Date of access: 10.08.2014.
15. Изображения банкнот взяты на сайтах banknote.ws и polymernotes.org.