

Биология и химия на фоне фольклора и ремёсел.

Растительное сырьё

«Насытившись» переработкой макулатуры, ум, рано или поздно, начинает озадачиваться вопросом — так как же «на самом деле» делают бумагу? Как её сделать из растительного сырья?

Андрей Домбровский, работал учителем географии в школе, волонтером в детском доме, был депутатом в Городском Собрании Санкт-Петербурга, сейчас прилагает усилия для организации дневной народной школы в Санкт-Петербурге

Где я и где щёлок

Моя дистанция от макулатуры до растительного сырья составила около семи лет. При этом первый раз, когда я делал бумагу сам, я ведь делал её и из растительного сырья. Тогда это были листья нарциссов. И было сказано, что их варили в щёлоке.

Но где я и где щёлок?

Типичная проблема с названиями химических реактивов у меня, например, заключается в том, что я понимаю название, способен что-то умозаключить при необходимости, но понять, где это можно достать (купить, взять, найти), постоянно является какой-то загадкой. Иногда, правда, выручают рецептурные отделы в аптеках, но в случае со щёлоком есть внутренняя неуверенность — то ли попросишь, а если зададут уточняющий вопрос — не будешь же, действительно, говорить, что щёлок нужен для варки бумаги. Могут ведь дать и какое-нибудь лекарство от головы.

Подсказка, как я уже сказал, появилась спустя семь лет. В материале из Интернета (Douglas W_Jones's Prairie Paper Project *Andropogon gerardii.htm*) было просто и ясно написано: растворите в воде золу, она даёт сильную щелочную реакцию. «Ах, точно, ну вот оно — действительно ведь, слышал о том, что золу использовали для мытья волос (интересно, посыпание головы пеплом — оттуда же?), сам ведь мыл жирную посуду в походе, используя золу». Вспомнилась и рекомендация одного приятеля, страдавшего повышенной кислотностью, — при изжоге проглотить немного пепла, например, сигаретного.

Зола превзошла все ожидания — раствор получается резко щелочной (не удивительно, что автор интернетовского пособия рекомендует пользоваться перчатками).

Работая с щёлочью, вы можете быть, всё-таки захотите иметь более наглядное представление о том, как выявляется наличие щёлочка или кислоты в растворе. Это легко можно сделать, проведя опыт с соком красной капусты.

Что «шепчет мыслящий тростник»?

Следующая возникающая проблема — из чего варить. В интернетовском пособии рассказывалось о технологии по изготовлению бумаги из травы. Название самой травы хоть и приведено на латыни, ничего не говорило моему уху — автор делал свой проект в Америке. Подсказку дала рекомендация вырезать междуузлия, оставляя лишь соломинку. Самой близкой «соломой» оказался тростник. Перед варкой имеет смысл соломины размять или раздробить.

Не знаю, как на вас, на меня чужие инструкции действуют ограничено. В том смысле, что я верю словам других, однако же доля сомнения остаётся: получится — не получится. Понятно, что в инструкции нельзя описать всё и вся (а потом это ещё надо и прочитать). Многие обстоятельства складываются по умолчанию, и автор инструкции о них не пишет (ну, например, зола от сгорания какого растения). Какие-то условия могут оказаться и вовсе несущественными, а какие-то — критическими. Например, что варить. Я несколько раз пробовал варить еловую стружку, но желаемого результата так и не

получил. Приступая к эксперименту, всего этого не знаешь. Не даром говорят — нет ничего практичнее, чем хорошая теория. Теория определённо говорит — что происходит и почему, и если оно не происходит, тогда и начинаются вопросы — что не так?

Намёк на то, что происходящее соответствует инструкциям, даёт возникающий минут через двадцать сладковатый запах. В растворе появляются сахара. Чем-то запах напоминает запах подгнивших яблок. Вода приобретает желтовато-коричневую окраску. Поварив ещё минут десять, раствор можно сливать и ставить отваренные стебли на промывание.

Раствор можно вылить прямо в канализацию, он не сильно отличается от веществ, используемых для её прочистки, но можно слить в отдельную ёмкость и использовать для определения содержания сахара. Его в растворе будет довольно много.

После варки тростник становится гибким и эластичным. Не забудьте его как следует промыть. Всё-таки щёлок не очень полезен для кожи рук. Тростник легко разделяется на отдельные волокна. Однако разбить его в однородную массу в широком стакане кухонного комбайна не удаётся. Видимо, недостаточна скорость вращения ножей. Более качественный результат получается в высоком стакане, используемом для взбивания коктейлей.

При отсутствии комбайна можно пойти по пути древних египтян: стебли выкладываются параллельно на твёрдой поверхности и выколачиваются (например, скалкой). Потом перпендикулярно выкладывается второй слой и снова выколачивается. Я таким

образом изготовил бумагоподобный материал из листьев гладиолуса (всё-таки везде она — психологическая инерция, и тут выбрал плоские листья, видимо, рассчитывая, что раз уж они плоские, то и получится из них лист).

Технология «папирусного» производства описывается в литературе так: «На специальном ровном столе полоски укладывали в ряд, слегка внахлест, на кусок плотной ткани, тщательно подгоняя друг к другу. Поверх первого ряда, поперёк него, клали второй, точно такой же ряд полосок. Всё это покрывалось тонкой материей, хорошо впитывающей влагу, и в течение часа или двух работники непрерывно колотили по ней деревянными молотками, стараясь ничего не сдвинуть с места. Затем они осторожно клали на ткань лёгкий пресс и оставляли на несколько часов... Папирус разглаживали круглыми гладкими камнями или лопаточками из слоновой кости (в другом месте — свиным зубом???), чтобы тростниковое перо могло легко двигаться по нему, сворачивали в трубочки и перевязывали шнурами».

Волосатая бумага

Разглядывая бумагу под микроскопом, видишь, что она составлена из множества перепутанных между собой волокон, напоминающих волоски. А можно ли сделать бумагу действительно из волос?

Ответ появился, как обычно, неожиданно. «Валенки! Валенки (а точнее войлок) — это «бумага», сделанная из шерсти. Мысль, надо сказать, вполне очевидная, но только тогда, когда и ответ и вопрос известны.

Писать, впрочем, на валенках неудобно. Но не обязательно же везде писать. Можно просто попытаться сделать свой войлок, свалить свои валенки. Всё лучше, чем свалить дурака.

Банановое письмо

Эксперименты с растительным сырьём приводят к вопросу: а почему сырьё надо предварительно обрабатывать (варить или вымачивать, или колотить палками — или всё вместе)? Наиболее очевидно этот вопрос возникает, когда имеешь дело, например, с поверхностью банановой кожуры, которая в известных пределах плоская. Почему бы не писать прямо по этой поверхности?

Попробуйте написать на кожуре. Должно получиться. А получится ли прочитать на следующий день?

Строгий ответ должен быть таким: может быть «да», а может быть и «нет», в зависимости от условий хранения. Если будете хранить банановую кожуру в холодильнике, то ваше письмо будет сохраняться достаточно долго (в морозилке, может быть, и вечность), а вот при комнатных условиях на утро следующего дня банановая кожура скукожится, покоричневает, утратив весь свой блеск и свежесть, и ни читать, ни писать на ней будет невозможно. Но можно поступить и иначе...

Можно провести на эту тему специальное исследование вместе с детьми. Исследование о консервировании.

Применительно к бумажному делу консервирование объясняет, почему в бумагу добавляют антисептики — вещества, препятствующие гниению. Даже в обычную бу-

магу. Чтобы не портилась. А как обстоят дела в домашнем хозяйстве? Чем не повод провести исследование о сравнительных преимуществах и недостатках способов консервирования домашних продуктов?

Вата похожа на шерсть. Из неё можно и нитку прясть. Но вата — это, как правило, хлопок, а хлопок — это растение, а значит, можно сделать настоящую бумагу. Целлюлоза, составляющая основную массу хлопкового волокна, находится в клеточных стенках. А у животных клеток таких стенок нет. Так что валенки из волос сделать можно, а вот целлюлозу не получится.

Надо признаться, что классификации, существующие в нашей голове, подчас довольно сильно сбивают с толку. Хоть и говорим мы «хлопчатобумажная ткань», но в голове нашей она таки «ткань», и её бумажное родство проскальзывает незаметно. А лён? Тоже растение. Учитывая всё вышесказанное, информация о том, что хлопок и лён используют при изготовлении особо качественных сортов бумаги, воспринимается легче.

Бумажная сантехника

Всё понял, решил: «Сделаю бумагу из льна». Но где взять лён? Полей с голубыми цветами поблизости нет.

Бытовая классификация говорит нам, что лён — это ткань, там мы и начинаем его искать. И, конечно же, его там можно найти при некотором старании. Нарезать ножницами, оставить набухать в воде, каким-то образом добиваться того, чтобы волокна, скрученные в нити, разошлись...

Но всё гораздо проще.

Лён продаётся в отделе сантехники.

Именно, именно. Лён — это то, что используется в качестве уплотнителя в резьбовых металлических соединениях (почему именно лён, почему не хлопок? Можно ли, если под рукой не окажется льна, уплотнить стык ниткой, скрученной из хлопчатобумажной ваты? Эти вопросы, появляющиеся по ходу, можно бросить в сантехническое отделение «бумажного» ящика).

В магазине семян тоже продают лён — семена. Можно их посеять, собрать, а потом сделать бумагу. Или верёвку. Или ткань.

Бедная Эльза

Другое растение, на которое рано или поздно натыкаешься, растёт само, легко доступно, вам даже могут сказать спасибо за прополку. Крапива.

Всего-то, надо поднапрячься и вспомнить сказку о бедной Эльзе, которая должна была соткать рубашки для своих братьев из крапивы. Правда, упоминаний о бумаге из крапивы я не встречал. Но сам делал.

Навоз, как...

На одном из занятий дети начали меня пытаться, а что, и из... банана можно делать бумагу, и из... листьев, и из..?

— И из навоза, — надо было сказать мне, чтобы переключить дискуссию. При этом, как известно, я не покривил бы душой, поскольку знаю, что вполне серьёзно рассматривались проекты по производству бумаги из слоновьего навоза. Оказывается, он содержит много целлюлозы, непереваренной слоновьим желудком.

Я предвижу следующий вопрос: «Из любого навоза?»

Здесь начинается дорога в область анатомии, поскольку желудок коровы, например, отличается от человеческого, в частности тем, что имеет четыре желудочка, в одном из которых реакция среды не кислая, как у нас в желудке (величина pH в желудке человека около 1, что эквивалентно концентрированной соляной кислоте), а щелочная, и бактерии, обитающие там, способны расщеплять целлюлозу.

Блин-бумага!

Но всё-таки, можно ли делать бумагу из любой части растения? (Чем не исследовательский проект?)

Берём, например, яблоко, натираем его на тёрке (или в кухонном комбайне), выкладываем тонким слоем, сушим... получаем яблочную жевачку-тянучку.

Она используется, например, при приготовлении чурчхелы — колбасок, оболочка которых сделана из подобного рода «бумаги», а начинка из орехов.

Но тогда и блин, получается — «бумага».

Мысль о том, что на блине можно написать замечательное письмо, например, стущёнкой, наполняет рот слюной. «Блин — бумага»!

Здравый смысл, однако, начинает замечать, что, наверное, граница уже перейдена. Всё-таки, блин — это как-то не бумага. Но почему?

Клетки, стенки, мембраны и канализация

Что же всё-таки происходит при варке растительного сырья? Це-

почка моих размышлений такая: щёлок, одно из употреблений — использование для удаления жира (едкий натр входит в состав жидкостей для очистки канализации от жировых отложений). Где есть жиры в клетке? Жиров нет, но есть липиды — жироподобные вещества, формирующие клеточную мембрану. Видимо, их то и омыливает щёлок, переводя в водорастворимые соединения. А внутреннее содержимое клетки покидает её пределы, отсюда и берутся сахара, дающие сладковатый запах при варке.

Должен сказать, что я пытался проверить по литературе, но литература... она такова, что все пишут: один о бумаге, и растения его не интересуют, другой пишет о растительных клетках, но ни сном, ни духом о бумаге и т.д. Консультации со знакомыми биологами пока не привели к опровержению.

Жиры, белки, углеводы

На уровне здравого смысла мы представляем, что белки, жиры и углеводы — это то, что есть в растениях. Растительное масло — жир, сахар — углевод, крахмал — тоже углевод, но с более длинной цепочкой, целлюлоза — цепочка ещё длиннее, белка много в муке... И всё это есть в растениях. Чем не повод для того, чтобы провести с детьми сравнительное исследование? Тем более, что это так просто.

Жиры. На качественном уровне для того, чтобы выявить наличие жира, достаточно растолочь массу в ступке и небольшое количество образовавшейся жидкости капнуть на фильтровальную бумагу (за неимением фильтровальной бумаги можно использовать обычную газету). Когда вода испарится,

посмотрите на просвет. Наличие просвечивающего пятна говорит о присутствии жиров.

Крахмал определяется с помощью йода. В присутствии крахмала йод приобретает характерную фиолетовую окраску.

Сахар можно не только выявить, но и произвести измерение его концентрации.

Чуть сложнее выявляется наличие белка. Необходимые реактивы — сульфат меди (CuSO_4) и гидроксид натрия (NaOH). В вытяжку, приготовленную так же, как и для теста на жир, добавляется сульфат меди и несколько капель гидроксида натрия. Появление яркой фиолетовой окраски свидетельствует о наличии белка.

Предложите простую исследовательскую работу: разные растения (растение берётся целиком — от корня до семян) исследуются на наличие жиров, белков и углеводов в листьях, стебле, корне, семенах.

Определение концентрации сахара в растворе

Определение концентрации сахара в растворе — простой и изящный опыт, который легко можно сделать вместе с учащимися.

При проведении опыта используется свойство раствора сахара вращать плоскость поляризации света. Звучит устрашающе, но на практике для того, чтобы сделать опыт, требуется всего две вещи, одну из которых можно сделать, а одну — купить.

Купить надо лазерную указку — то, с чем дети иногда балуются на переменах (игрушка не вполне безопасная). Сделать — призму из оргстекла. Для изготов-

ления призмы потребуется три кусочка оргстекла: два — 10 10 и один 20 10 сантиметров. Точность размеров не важна, я привожу те, которыми мы пользуемся. Вытянутый кусочек оргстекла надо согнуть по средней линии под углом около 45 градусов (точность снова не важна). Оргстекло легко изгибается в нагретом состоянии, а для того, чтобы его нагреть, можно воспользоваться проволокой с большим удельным сопротивлением (нихром) (что-нибудь подобное, как правило, есть в кабинетах физики), либо просто на грани утюга (нагревайте постепенно и не прилепите оргстекло к утюгу). Два квадратных кусочка выполняют роль сторон, на которые ставится призма, а согнутый длинный кусочек должен образовать угол, образующий саму призму. Соединить кусочки можно с помощью термоклея (клеевой пистолет) или силикона. Термоклей несколько удобнее, если вы хотите, чтобы дети сделали всю работу от начала до конца, поскольку быстро застывает. Наверное, можно воспользоваться и другими видами клея. Важно, чтобы клей образовывал герметичный шов, поскольку в призму мы будем наливать воду, точнее, растворы.

Теперь всё готово к эксперименту. В призму наливается раствор сахара, а лазерная указка устанавливается так, чтобы луч света проходил через толщу раствора. Проследив за движением светового луча, вы увидите, что через 2–3 метра луч весьма заметно отклоняется от горизонтали. Найдите способ закрепить лазерную указку во включённом состоянии и поменяйте раствор. Призму надо будет поставить в точности на то же место, что и в предыдущий раз, поэто-

му её положение лучше зафиксировать, например, проведя ограничивающие линии. В зависимости от того, более или менее концентрированный раствор вы нальёте, луч лазера отклонится либо дальше вверх (при повышении концентрации сахара), либо вниз (при понижении). Такова идея эксперимента.

Теперь можно сделать исследовательскую установку. Для этого не хватает стандартной шкалы, на которой были бы нанесены значения отклонений луча при некоторых концентрациях сахара. Это могут сделать сами учащиеся. Готовится несколько растворов стандартной концентрации (например, 5, 10, 15 и 20 процентов), на стену вешается листок бумаги в то место, куда попадает луч лазера. Наливаете раствор с нулевой концентрацией, ставите отметку, 5% — отметка... шкала готова (помните, что всякое перемещение призмы или лазерной указки приводит к сбою показаний и необходимости начинать заново).

Всё готово для исследования. Попробуйте прохладительные напитки, которые продаются в магазинах, проведите исследование домашнего компота, определите содержание сахара в растворе, получившемся при варке древесины, отдельно можно провести серию опытов по извлечению сахаров из растений (свёкла, картофель, капуста, корневища других растений, в том числе диких). Что бы вы ни исследовали, у вас есть инструмент. Можно попробовать разные способы извлечения сахара, разные растения, можно, наконец, провести эксперимент с вкусовыми ощущениями. Пусть каждый сделает несколько растворов — такой, когда сахар только начинает

чувствоваться, оптимальной сладости и тот, который будет восприниматься как приторный. Полученные данные можно сравнить и обсудить индивидуальные особенности вкусовой чувствительности.

Вкус цифр

Сходный эксперимент полезно провести при изучении географии материков и океанов. При характеристике морей и океанов речь идёт о солёности воды. Но о чём нам говорят цифры в промилле (количество граммов соли на килограмм воды)? Скорее всего, это абстрактная информация.

Предложите учащимся в группах сделать образцы воды с солёностью, эквивалентной Красному морю, Чёрному морю, Тихому океану. Пусть они попробуют на вкус, чем отличается Атлантический океан от Тихого.

В морской воде, конечно же, содержится не только поваренная соль, и реальный вкус может отличаться от полученного в эксперименте. Но всё-таки, почему бы не переложить язык цифр к себе на язык.

Другой эксперимент с вкусовыми ощущениями ближе к анатомии. Для эксперимента потребуются горькое, солёное, сладкое и кислое (не важно — что, важно, чтобы это был пищевой продукт, который можно непосредственно направлять в рот) и палочки. Удобнее работать в парах. Один член пары широко открывает рот, а другой берёт на палочку немного какого-нибудь продукта (горького или кислого и т.п.), наносит немного на участок языка (у корня, справа или слева и на кончик). Разные зоны языка чувствительны к разным вкусам, и описанные экс-

перименты — это способ дать возможность детям сделать это открытие самим.

Опыт с соком красной капусты

С кислотами и щелочами связан один простой эксперимент, который можно легко и интересно организовать с большой группой детей.

Берёте красную капусту, шинкуете её в комбайне или на обычной тёрке и смешиваете получившийся таким образом сок с разными бытовыми химикатами. В качестве тестовых веществ самое простое и доступное — уксус, зола, сок лимона или лимонная кислота, лекарство от повышенной кислотности, чистящие средства и т.п.

Смешиваясь с этими веществами, сок красной капусты меняет свою окраску от тёмно-синей до красной, зелёной, до ярко жёлтого в концентрированном

растворе щёлочи. Дело в том, что он, как и многие другие растительные соки, является индикатором — веществом, изменяющим цвет в зависимости от величины рН. Если есть возможность сравнить со стандартным индикатором или показаниями электронного рН-метра, можно построить цветовую шкалу, по которой можно будет определять величину рН растворов.

Эту методику можно использовать для изготовления ещё одного вида бумаги — бумаги индикаторной, которая при погружении в раствор будет изменять цвет в зависимости от кислотности — щёлочности среды. Для этого надо бумагу опустить в сок красной капусты, как следует вымочить, просушить, снова вымочить и так несколько раз для того, чтобы концентрация действующих веществ была достаточно высокой.

Санкт-Петербург