

УДК 661.183.2

**К.С. Белоусов, А.А. Минькова,
К.Н. Генералова, В.Ф. Олонцев**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЯ ОСВЕТЛЯЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ ПО МЕЛАССЕ

Одним из выдающихся достижений науки в XIII веке стало открытие российским академиком Т.Е. Ловицем явления адсорбции активированным углем. Практическое применение этого рода адсорбента предоставляет ценные результаты, необходимые для дальнейшего развития промышленности. В настоящее время нет ни одной отрасли, где не нашли бы применения активированные угли. Их уникальность основывается на пористой структуре, от которой напрямую зависят адсорбционные характеристики, и, соответственно, качество активированного угля. Использование активированных углей обеспечивает возможность создания принципиально новых, экологически чистых технологических процессов и разнообразных изделий сорбционной техники.

Активность угля может быть определена путем испытания его адсорбционной способности по отношению к различным растворам, органическим красителям. Активность является как свойством поверхности, так и свойством пространственного строения углерода. Адсорбционная активность углеродных сорбентов, в данном случае углей, может быть определена по органическим жидкостям – специальным маркерам.

Рассмотрены две методики определения осветляющей способности активированных углей по мелассе: французская (фирма «СЕСА») и российская. Приведен полный алгоритм эксперимента, включающий основные формулы, расчет экспериментальных навесок и базовые требования к мелассам для обеих методик. На основании литературных данных проведен сравнительный анализ меласс, установлено их сходство. Проведены исследования для эталонных углей России и Франции: ОУ-А, СР, СХV. На основании экспериментальных данных и содержания методик проводится их

сравнительный анализ, вследствие чего делается вывод о более точном применении французской методики.

Ключевые слова: активированный уголь, меласса, осветляющая способность, адсорбция, пористость.

**K.S. Belousov, A.A. Minkova,
K.N. Generalova, V.F. Olontsev**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

METHODS OF TESTING OF DECOLORIZATION ABILITY OF ACTIVE CARBONS

One of the most outstanding achievements of science in the XIII century is the discovery of the carbon adsorption by Russian academician T. Lovitz. Practical application of this kind of adsorbent provides valuable results necessary for the further development of the industry. At the moment there is no industry where would not have found the use of activated charcoal. Its uniqueness is based on the pore structure, which depends on the adsorption characteristics and, accordingly, the quality of activated charcoal. The usage of activated carbon provides an opportunity to create a fundamentally new, environmentally friendly processes and products of various sorption techniques.

Active charcoal can be determined by testing its adsorptive capacity with respect to different solutions, organic dyes. Activity is a property of the surface and the property of the spatial structure of carbon. Adsorption activity of carbon sorbents, in this case coal, can be determined by organic liquids – special markers.

This article describes two methods of decolorize capability on molasses index of active carbon by the French (firm «CECA») and Russian procedure is considered. The full scheme of experiment is given; it consists of basic analytic expressions, the calculation of experimental weights of active carbon and the base claims for molasses for both procedures. Based on the literature data, the comparative test for molasses is made, the analogy is found out. The experiments for the etalon carbons from Russia and French are made: OU-A, CP, CXV. On the authority of experimental data and content of both procedures, their comparative analysis is given; in consequence of this the conclusion about accuracy of French procedure is made.

Keywords: *active carbon, molasses, depolarization capability, adsorption, porosity.*

Угли относятся к группе промышленных адсорбентов. В качестве сырья для получения активированных углей применяются углеродсодержащие материалы различной природы: ископаемые торф и уголь, полимеры и смолы, растительное сырье (древесина, кора, скорлупа и т.д.) [1]. Промышленные адсорбенты имеют высокоразвитую поверхность. Активированные угли как промышленные адсорбенты имеют ряд особенностей, определяемых характером их поверхности и пористой структуры. К таким особенностям относятся адсорбционные свойства [2]. Адсорбция – поглощение газов, паров или жидкостей на поверхности раздела вещество – адсорбент [3].

Физическая адсорбция органических веществ из водных растворов наиболее сильно проявляется при использовании в качестве адсорбентов углеродных материалов, поскольку энергия вандерваальсового взаимодействия молекул воды с атомами углерода, образующими поверхность углеродных тел, намного меньше энергии дисперсионного взаимодействия этих атомов с атомами углеродного скелета органических молекул [4]. В настоящее время увеличивается потребность в углеродных сорбентах для очистки питьевой, хозяйственно-бытовой и сточных вод, промышленных выбросов [5].

В аналитической химии методы научного исследования углей применяют для изучения состава, строения и свойств углей. В истории известно, что некоторые из подобных методов со временем становились стандартами для испытаний [6].

Одним из известных и надежных методов определения адсорбционной активности является использование раствора мелассы. Меласса – темно-коричневая органическая жидкость. Ее осветление является важным аналитическим методом в производстве углей [7]. Она относится к органическим жидкостям, размер молекул которой около 3 нм (рис. 1). Некоторые виды активированных углей, имеющие развитую систему макро- (более 50 нм) и мезопор (от 2 до 50 нм), обладают способностью к адсорбированию больших молекул, подобных молекулам мелассы. Число мелассы, или ее эффективность – мера мезопор содержания активированного угля (больше, чем 20 Å, или больше, чем 2 нм). Ее высокое число указывает на высокую адсорбцию больших молекул. Об эффективности мелассы говорит как процент, так и число мелассы. Существуют различные методики использования ее в качестве адсорбтива, но все они, по сути, схожи [8]. Общие черты этих методик заключаются в следующем:

– мелассовое число активированного угля (ЕВРО) по европейской методике определяется как количество активированного угля в миллиграммах, обладающее таким же обесцвечивающим эффектом, как и 350 мг (по сухому весу) стандартного порошкового угля А8100 при обесцвечивании стандартного раствора мелассы по стандартной методике. Чем меньше мелассовое число (ЕВРО), тем лучше уголь удаляет высокомолекулярные органические вещества из мелассы [8];

– мелассовое число активированного угля по методике США выражает обесцвечивающую способность угля в относительных единицах к стандартному углю В-45. Исходя из этого чем больше мелассовое число (США), тем лучше уголь удаляет органические вещества из мелассы [8];

– эффективность обесцвечивания мелассы выражается в процентах и показывает способность угля убирать 90 % цвета стандартного раствора мелассы. При этом способность стандартного порошкового угля В-45 (в граммах на единицу цветности) принята за 100 % [8].

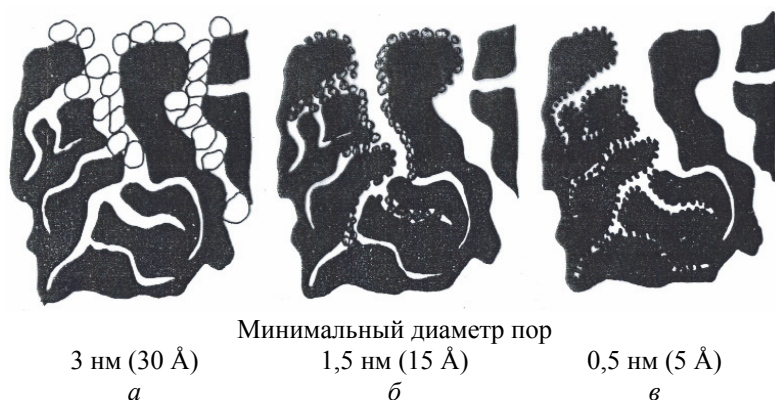


Рис. 1. Сравнение размеров пор молекул для мелассы, метиленового голубого и йода

Мелассовое число и эффективность адсорбции по меллассе являются наиболее эффективными стандартными методами, показывающими способность углей к удалению загрязнений из аминов и других растворов. Меласса содержит вещества, которые по своим размерам схожи с размерами загрязнений, вызывающих вспенивание абсорбционных растворов. Меласса — отход сахарного производства, сиропобразная жидкость темно-бурого цвета со специфическим запахом. Содержит 20–25 % воды, 50–60 % глюкозы, фруктозы, сахарозы, около 10 % растворенных высокомолекулярных природных красителей, азо-

тистых соединений (преимущественно амидов), свободных и связанных кислот, около 8 % зола [8].

На рассмотрение предоставляются две методики: французская, разработанная фирмой «СЕСА», и российский стандарт ГОСТ4453–74.

Мелласное число (фирма «СЕСА»)

Основная часть

Масса m активного угля измеряется в суспензии раствора мелассы. С учетом появившегося обесцвечивания раствора выявляется декolorизационная способность.

Масса P – масса эталона угля, определение которой проводят при тех же технических условиях для получения той же обесцвеченности.

IM_S – константа, характеризующая декolorизационную способность вышеназванного угля. Тогда мелласное число активного угля определяется как

$$IM = IM_S \cdot \frac{P}{m}.$$

Численное значение IM_S обычно устанавливается и предоставляется в соответствии с меласным числом сухого активного угля, использованного выше.

Общая схема метода

Построение изотермы декolorизации

Декolorизация D раствора мелассы может быть определена в соответствии с уравнением

$$D = \frac{(D_0)b - (D_0)f}{(D_0)b} \cdot 100, \quad (1)$$

где $(D_0)f$ и $(D_0)b$ – оптическая плотность раствора мелассы после декolorизации и «холостого опыта» соответственно («холостой опыт» – это раствор, полученный без активного угля).

Связь между массой m используемого активного угля и получившейся декolorизацией D может быть записана в соответствии с изотермой сорбции Фрейндлиха:

$$\frac{D}{m} = K(100 - D)^a,$$

в которой K и a могут быть определены как константы для конкретного угля, определенной мелассы, конкретных технических условий и так далее, в соответствии с тем, что интервал деколоризации составляет от 60 до 90 %.

Количество рассматриваемого активированного угля, называемого стандартной пробой или эталоном, необходимое для данной деколоризации

Масса P эталона, показывающего ту же деколоризацию, что и у испытуемого образца, записывается и определяется уравнением (1). Экспонента a является мнимой и содержится в каждой опытной серии по определению эталона; каждая серия содержит парные величины (p_0 , D_0), позволяющие исключить константу K . Уравнение записывается следующим образом:

$$P = P_0 \cdot \frac{D}{D_0} \cdot \left(\frac{100 - D_0}{100 - D} \right)^a. \quad (2)$$

Величина экспоненты a

Величину a определяют через линейную регрессию начиная с уравнения (1), записывая в логарифмической форме с использованием минимум 10 значений (p_i , D_i), в установленном порядке распределяют по всей величине деколоризационного интервала – от 60 до 90 %.

Подобный анализ должен проводиться каждый раз, когда эталон или меласса заменяются. Это целесообразно и желательно, однако на практике необходимо заново осуществлять подобный анализ каждые три месяца для выявления возможного изменения в химическом составе мелассы.

Величина a всегда округляется до второго знака после запятой. Если изменение между новой величиной a и ранее использованной составляет величину, большую или равную $\pm 0,02$, необходимо сделать повторное подтверждение перед принятием нового значения a . Величина a , соответствующая текущим условиям:

$$a = 0,26.$$

Влажный эталон

Для использования постоянного материала эталон должен всегда находиться в пределах одних условий влаги. Для практической цели рассматривается и принимается во внимание 0 % влаги.

Таким образом, необходимо следующее:

– всякий раз высушивать используемый уголь перед использованием;

– или использовать его в том состоянии, в каком он находится, но сразу после его использования определять влагосодержание угля и включать этот недочет в общий подсчет.

Как правило, если h – это влагосодержание эталона, выраженное в процентах, то формула (2) принимает следующий вид:

$$P = \frac{100 - h}{100} \cdot p_0 \cdot \frac{D}{D_0} \cdot \left(\frac{100 - D_0}{100 - D} \right)^a$$

Образцы активного угля

Поскольку необходимо удерживать значение деколоризации в требуемом интервале 60–90 %, следует разделять различные качества углей на 4 группы. Каждая группа характеризуется массой m_i , полученной путем серии измерений. Группы французских углей, используемых для осветления, следующие:

– группа 1: включает типы CXV, CP; $m_1 = 125$ мг;

– группа 2: включает угли 4S, 3S, 2S и их эквивалентные заменители, в равной степени окисленные или обработанные кислотой: +CXA, CX, 3 SE 2, CR, SA 1703; $m_2 = 250$ мг;

– группа 3: включает типы SM, S и их соответствующие окисленные или обработанные кислотой типы +2G и S45; $m_3 = 500$ мг;

– группа 4: G, ТК, 25 ε; $m_4 = 1,000$ мг (однако очень важно для этого типа, что взамен предложенного значения массы может быть использована цифра $m = 1,500$ мг).

В случае, если две большие разницы между активностью испытуемого угля не позволяют D находится в интервале от 60 до 90 %, необходимо провести эксперимент, используя новую пробу и выбирая более подходящее значение величины m_i .

Как правило, для определения массы m_i , которая использовалась бы в соответствии с активностью выбранного активного угля, группа которого известна, предварительный эксперимент следует провести с использованием массы m_2 . Полученное таким образом значение деколоризации D определяет активную группу и, следовательно, более подходящее значение m_i , которое приведет значение деколоризации между 60 и 90 %.

Деколоризация, %	Группа
$D > 90$	I
$90 > 0 > 60$	II
$60 > 0 > 35$	III
$35 > 0$	IV

Метод контроля

Оборудование:

- пипетка на 100 мл с одной отметкой или автоматическая;
- стеклянная колба на 1 л;
- складчатый фильтр (фильтровальная бумага), тип 4В;
- n^0 111 фильтры – с диаметром голубого слоя 150 мм;
- лабораторные сосуды;
- горелка или плитка;
- термостатическая баня;
- спектрофотометр;
- воронки;
- аналитические весы.

Реагенты:

- раствор мелассы;
- ортофосфорная кислота (H_3PO_4) – раствор, 52 или 60 по шкале Боме;
- формальдегид (муравьиный альдегид) 30 %.

Подготовка раствора мелассы

Раствор мелассы объемом n_0 из сахарного тростника взвешивается и вводится в круглую колбу объемом 1 л.

Добавляется 500 мл дистиллированной воды с последующим добавлением x мл чистого раствора H_3PO_4 (аналитической степени чистоты); опытно выбирается с целью исключения ошибки с рН среды, равным 2,6 в конечном растворе мелассы. В основном от 2 до 3 мл достаточно на 60 кислоты по Боме:

$$x(H_3PO_4) = \frac{144,3}{144,3 - 60} = \frac{144,3}{84,3} = 1,71.$$

Для обеспечения надлежащего (правильного) раствора мелассы раствор нагревается и поддерживается в течение 5 мин при кипячении. Необходимо быстро охладить проточной водой до температуры окружающей среды. Добавить дистиллированной воды для достижения 1 л на 5 г раствора. Фильтровальный материал Clarcel DIC и дополнитель-

ный фильтрующий слой складываются над фильтром типа Дюрье 4В, раствор проходит через всю комплектацию дважды.

Для увеличения времени хранения раствора мелассы, который должен храниться в холодильнике, обычно добавляют 1 мл 30%-ного раствора муравьиного альдегида. Таким образом, раствор может храниться 2 или 3 дня максимум.

Оптическая плотность раствора мелассы, приготовленного таким образом, измеряется с помощью спектрофотометра при длине волны 450 нм, чтобы в результате получить обесцвечивание с массой эталона, равной $P_0 = m_2$:

$$D_0 = \frac{(D_0)b_0 - (D_0)f_0}{(D_0)b_0} = 68 \pm 2 \%$$

Раствор мелассы готов к использованию.

Порядок работы

Обесцвечивание мелассы с использованием активного угля

В мензурку объемом 150 мл вводится m мг порошкообразного угля после того, как уголь взвесили с точностью до $+0,1$ мг, влажность его <10 %.

Масса образца m определяется с уровнем активности испытанного углерода в соответствии с пунктом «Образцы активного угля».

100 мл раствора мелассы, приготовленного, как описано в пункте «Подготовка раствора мелассы», измеряют (набирают) с помощью пипетки, добавляют к активированному углю, помешивая при помощи стеклянной мешалки. Мензурку помещают в термостатическую ванну при 92 ± 2 °С. Необходимо достичь температуры 70 °С при перемешивании раствора время от времени. Химический стакан затем вынимают из ванны и раствор фильтруют через фильтр Дюрье с синей полосой 150 мм. Первые несколько миллилитров раствора необходимо повторно профильтровать (1–2 раза), чтобы получить совершенно чистый фильтрат.

Обесцвечивание в случае с эталоном и «холостым опытом»

В каждую серию опытов входят следующие два испытания:

– два измерения с эталоном, выполнением при одинаковых условиях, таких же как для исследуемого угля, начиная с массы $P = 250$ мг сухого эталона (или с известным уровнем влажности h);

– один «холостой опыт»; другими словами, раствор мелассы, не содержащий активированный уголь, рассматривающийся в рамках тех же условий, что и другие растворы, для которых окончательный цветовой уровень будет использован как основной при расчете обесцвечивания.

Измерение оптических плотностей

Оптическую плотность $(D_0)b$ «холостого опыта» и $(D_0)f$ углерода обесцвеченного раствора мелассы и аналогичный эксперимент с эталонным измеряют на спектрофотометре при длине волны 450 нм.

Подсчет мелассного числа

1. Расчет выполняется на основе измерения оптических плотностей. Обесцвечивание определяются с помощью уравнения (1).

Иными словами, $D(\%)$ – для испытуемого активированного угля (масса m) и $D_0(\%)$ – для эталона (масса $P_0 = m_2$). D_0 – это среднее из двух значений, соответствующих двум экспериментам с эталоном.

2. С помощью уравнения (2) определяется масса P эталона, необходимая для получения обесцвечивания D , влажность h эталона известна. В нынешних условиях значение показателя $a = 0,26$.

3. Мелассное число испытуемого активированного угля IM получают, исходя из соотношения, в котором IM_S – индекс мелассы для сухого эталона.

В настоящее время используются стандартные значения IM_S : $IM_S = 168$.

Определение адсорбционной активности по мелассе (ГОСТ 4453–76)¹

Общая часть

Раствор мелассы готовят следующим образом: около 50 г мелассы разбавляют 800 см³ дистиллированной воды и затем водой или мелассой доводят оптическую плотность раствора до 0,6–0,7 опт. ед. при замере в кювете с расстоянием между рабочими гранями 5 мм и до 1,2–1,4 опт. ед. при замере в кювете с расстоянием между рабочими гранями 10 мм, затем добавляют 1 г кизельгура или силикагеля, растертого в порошок с частицами размером не более 1 мм, и взбалтывают. Раствор фильтруют через складчатый бумажный фильтр.

¹ ГОСТ 4453–76. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. С поправками и изменениями. Технические условия. Введ. 01.01.93. М.: Изд-во стандартов, 1993. 23 с.

Оптическую плотность полученного раствора мелассы измеряют на фотоэлектроколориметре при синем светофильтре с длиной волны 40 нм. В качестве контрольного раствора применяют дистиллированную воду.

Оборудование:

- фотоэлектроколориметр типа ФЭК-М;
- колба мерная по ГОСТ 1770–74 вместимостью 250 см³;
- баня водяная;
- кизельгур или силикагель марки КСК по ГОСТ 3956–76;
- уголь осветляющий – образец;
- вода дистиллированная;
- бумага фильтровальная.

Проведение анализа

По 0,5 г анализируемого и образцового угля взвешивают, с погрешностью не более 0,01 г, помещают в плоскодонные колбы и добавляют по 100 см³ раствора мелассы. Содержимое колб нагревают на бане до 80 °С при непрерывном взбалтывании и выдерживают при этой температуре в течение 5 мин, не прекращая взбалтывать. После взбалтывания растворы сразу же фильтруют через бумажный фильтр, отбрасывая первые порции фильтрата. Растворы после фильтрации должны быть совершенно прозрачными.

Раствор охлаждают до температуры окружающей среды и определяют их оптическую плотность по отношению к дистиллированной воде при условиях, соответствующих определению оптической плотности исходного раствора мелассы.

Обработка результатов

Адсорбционную активность анализируемого угля по мелассе (X_1) в процентах вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{(d - d_2) \cdot 100}{d - d_1},$$

где d – оптическая плотность исходного раствора мелассы; d_1 – оптическая плотность раствора, обработанного образцовым углем; d_2 – оптическая плотность раствора, обработанного анализируемым углем.

За результат принимают среднее арифметическое двух параллельных определений, допускаемое расхождение между которыми не должно превышать 5 абс. %².

² ГОСТ 4453–76. Уголь активный осветляющий древесный порошкообразный. С поправками и изменениями. Технические условия. Введ. 01.01.93. М.: Изд-во стандартов, 1993. 23 с.

Меласса является универсальным модельным веществом для оценки качества активных осветляющих порошкообразных углей, использующихся соответственно в тех отраслях, где проводится очистка (или осветление) высокомолекулярных технологических продуктов и полупродуктов. Различают 4 типа мелассы: рафинадная, тростниковая, сырцовая и свекловичная. Меласса фирмы «СЕСА» является тростниковой. Меласса, которую используют при анализе российских АУ по ГОСТ 4453–74, является свекловичной.

Естественно, что различное происхождение меласс объективно вызывает некоторые непринципиальные различия, которые выявляются при спектроскопическом исследовании в ИК-области. В целом ИК-спектры двух меласс идентичны (рис. 2), за исключением низкочастотной области (1300–650 см⁻¹), известной как область «отпечатков пальцев», где каждое соединение в этом интервале имеет свою специфическую спектральную кривую. Ниже (табл. 1) приводятся данные по обеим мелассам при характерных частотах.

Таблица 1

Характеристики мелассы

№ п/п	Французская меласса, см ⁻¹	Заводская меласса, см ⁻¹
1	1000	1000 (плечо)
2	930 (сил. инт.)	930 (плечо)
3	850–870 (шир.)	910 (шир.)
4	835	870 (уз.)
5	780 (плечо)	780

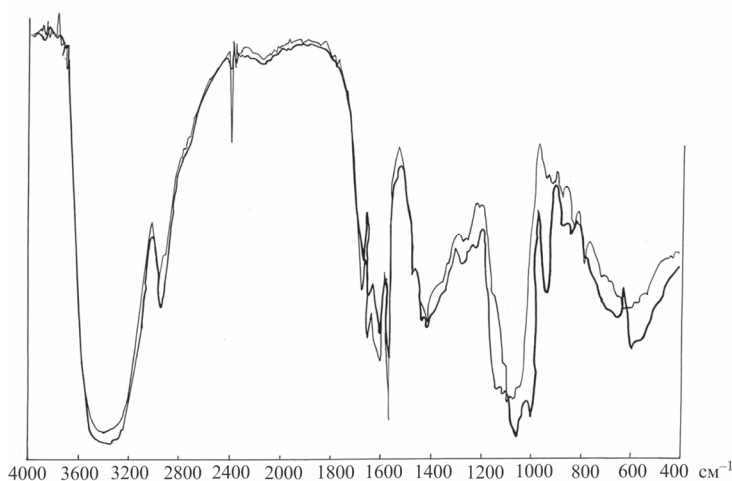


Рис. 2. ИК-спектры двух меласс [9]: — отечественная свекольная меласса; — французская тростниковая меласса

Спектры двух меласс, снятые в УФ- и видимой областях (рис. 3), показывают, что абсорбционные кривые их схожи между собой. В ультрафиолете (<320 нм) красящие вещества меласс (по литературным данным) обладают селективным поглощением, различаясь лишь конфигурацией кривых. Это позволило применить спектроабсорбционный метод для количественного определения отдельных групп красящих веществ в мелассах [9] и установить, что основная окраска их и, соответственно, состав обусловлены наличием следующих (табл. 2) групп красящих веществ в процентном отношении (приближенная оценка).

Таблица 2

Содержание красящих веществ

Красящие вещества	Французская меласса	Заводская меласса
Продукты щелочного распада инвертных сахаров, %	70–75	70
Меланоидины, %	20–25	25–30
Карамели, %	5	0–5

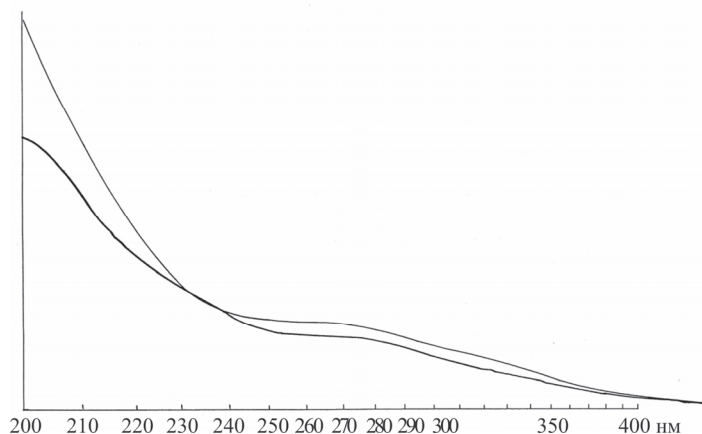


Рис. 3. Спектры двух меласс в УФ- и видимой областях [9]:
— отечественная свекольная меласса; — французская тростниковая меласса

Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными, полученными сотрудниками МТИПП, которые исследовали все типы меласс методом гельфильтрационного разделения.

В прикладном плане визуальное сравнение двух меласс позволило заметить следующее:

– некоторое запаздывание по скорости растворения в воде французской мелассы;

– исходная (сиропообразная) меласса фирмы «СЕСА» в несколько раз концентрированнее российской.

Применение меласс в качестве адсорбтива является классическим, общеизвестным способом, но объективная оценка всех известных нам методик, использующих природные мелассы, неизбежно приводит к выявлению одного главного существенного недостатка, присущего всем мелассам. Это то, что они в значительной степени подвержены изменениям качественного и количественного характера, что обуславливается, в свою очередь, различными природно-климатическими условиями происхождения сырья-основы. Иными словами, нестабильность состава адсорбтива-красителя (мелассы) является одинаково отрицательным моментом как для российской методики по ГОСТ 4453–74, так и для методики фирмы «СЕСА». Что касается первого метода, то вывод подтверждается многолетним опытом работы российских лабораторий, а второго – литературными данными аналогичных исследований.

Следует отметить также еще один, по нашему мнению, отрицательный момент в методике по ГОСТ 4453–74 и в методике фирмы «СЕСА». Это необходимость применения эталонного угля. Кроме трудностей подбора эталонного угля со строго определенными характеристиками, использование его как единого стандарта сравнения для контроля качества промышленных активных осветляющих углей, природа поверхности которых неодинакова (щелочные, кислые), считаем принципиально неверным.

В практическом плане освоение методики определения мелассного числа, используемой фирмой «СЕСА», позволило выявить следующее: французская методика находится на уровне качественно более высоком, чем российская, хотя суть методов, основной ход операций совпадают. Уровень французской методики определяется особой детальностью разработки, тщательным многоступенчатым подготовительным периодом перед непосредственным анализом, насыщенностью лабораторным оборудованием и приборами. Алгоритм выполнения расчетов по проведенным измерениям включает несколько ступеней, что, естественно, усложняет их. Показатель осветляющей способности в отличие от стандартной российской методики является безразмерной величиной (мелассное число), включающей в себя ряд относительных величин и констант.

В целом выполнение методики требует высокой квалификации лаборанта.

Полное воспроизведение методики фирмы «СЕСА» в наших условиях не представилось возможным, так как не все условия мы смогли соблюсти. Например:

– реактив Clarcel DIC по предполагаемой аналогии заменили известным нам кизельгуром;

– из лабораторного оборудования фирмы «СЕСА» мы не располагаем гофрированными фильтрами Дюрье (они были заменены складчатыми бумажными фильтрами) и не использовали вакуумные колбы с тиглями для фильтрования.

С учетом ряда приближений и допущений результаты проанализированных в процессе освоения методики фирмы «СЕСА» образцов выглядят следующим образом (табл. 3).

Таблица 3

Испытания активированных углей

Образец	Мелассное число (фирма «СЕСА»)	Адсорбционная активность, % (ГОСТ 4453–74)
СР (Франция)	363	174
СХV (Франция)	335	169
ОУ-А (РФ)	150	109
Эталон (РФ)	136	100

Исходя из представленной таблицы, полученные результаты можно интерпретировать следующим образом: благодаря особому построению алгоритма измерений и расчетов во французской методике она оказывается более мобильной, более чувствительной в оценке качества углей. Разницу в активности между образцами углей, например СР и СХV, российская методика почти нивелирует, тогда как анализ по методике фирмы «СЕСА» фиксирует различное их качество. Достижение такой наглядности в отображении качества углей – результат глубокой научной проработки анализа с включением необходимой лабораторной техники.

Итак, проведенное исследование свидетельствует о том, что методика фирмы «СЕСА» является более чувствительной, чем отечественная, и позволяет более тонко отличать активные угли по их качеству. Эти особенности французской методики следует учесть при усовершенствовании отечественной стандартной методики.

Список литературы

1. Бакланова О.Н. Микропористые углеродные сорбенты на основе растительного сырья / Российский химический журнал. – 2004. – № 3. – С. 89–94.
2. Кингле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
3. Когановский А.М., Левченко Т.М., Кириченко В.А. Адсорбция растворенных веществ. – Л.: Наукова думка, 1977. – 223 с.
4. Рощина Т.М. Адсорбционные явления и поверхность / Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 2. – С. 89–94.
5. Шумяцкий Ю.И. Адсорбционные процессы: учеб. пособие. – М., 2005. – 164 с.
6. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. – М.: Химия, 1984. – 592 с.
7. Авгушевич И.В., Брновец Т.М. Стандартные методы испытания углей. Классификации углей. – М.: НТК «Трек», 2008. – 368 с.
8. Активированные угли Petrodarco – эффективные активированные угли для удаления высокомолекулярных соединений и частиц минеральных масел из абсорбционных растворов [Электронный ресурс] // Norit Digital Library. – 2011. – URL: <http://tdtka.ru/wp-content/uploads/2012/10/3.2.-Aktivirovannyie-ugli-Petrodarco.pdf> (дата обращения: 5.10.2014).
9. Силин М.П. Технология сахара. – М.: Книга по требованию, 1967. – 625 с.

References

1. Baklanova O.N. Mikroporistye uglerodnye adsorbenty na osnove rastitelnogo syrya [Microporous carbon sorbents based on vegetable raw materials]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2004, no. 3, pp. 89-94.
2. Kingle Kh., Bader E. Aktivnye ugli i ikh promyshlennoe primeneniye [Active carbons and their industrial usage]. Moscow: Khimiya, 1984. 216 p.
3. Koganovskiy A.M., Levchenko T.M., Kirichenko T.A. Adsorbtsiya rastvorenykh veschestv [Adsorption of liquids]. Leningrad: Naukova Dumka, 1977. 223 p.
4. Roschina T.M. Adsorbtsionnye yavleniya i poverkhnost [Adsorption events and surface]. *Sorosovskiy obrazovatelnyy zhurnal*, 1998, no. 2, pp. 89-94.

5. Shumyatskiy Yu.I. Adsorbtsionnye protsessy [Adsorption processes: student's book]. Moscow, 2005. 164 p.

6. Keltsev N.V. Osnovy adsorbtsionnoy tekhniki [Fundamentals of adsorbtion technology]. Moscow: Khimiya, 1984. 592 p.

7. Avgushevich I.V., Bronovets T.M. Standartnye metody ispytaniya ugley. Klassifikatsiya ugley [Standard Test Methods for coal. Classification of coal]. Moscow: NTK "Trek", 2008. 368 p.

8. Aktivirovannye ugli Petrodarco – effektivnye aktivirovannye ugli dlya udaleniya vysokomolekulyarnykh soedineniy i chastits mineralnykh masel iz adsorbtsionnykh rastvorov [Activated carbons Petrodarco – effective activated carbon for the removal of high-molecular compounds and particles of mineral oil absorption solutions]. *Norit Digital Library*, 2011, available at: <http://tdtka.ru/wp-content/uploads/2012/10/3.2.-Aktivirovannyye-ugli-Petrodarco.pdf> (accessed 5 October 2014).

9. Silin M.P. Tekhnologiya sakhara [Suga's technology]. Moscow: Kniga po trebovaniyu, 1967. 625 p.

Об авторах

Белоусов Константин Сергеевич (Пермь, Россия) – аспирант кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: olontsevfv@gmail.com).

Минькова Анфиса Андреевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: mama-anfi@mail.ru).

Генералова Ксения Николаевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: generalovakn_21_1992@mail.ru).

Олонцев Валентин Федорович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: olontsevfv@gmail.com).

About the authors

Konstantin S. Belousov (Perm, Russian Federation) – graduate student, department of powdered materials, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: olontsevvf@gmail.com).

Anfisa A. Minkova (Perm, Russian Federation) – master student, department of powdered materials, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: mamaanfi@mail.ru).

Kseniya N. Generalova (Perm, Russian Federation) – master student, department of powdered materials, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: generalovakn_21_1992@mail.ru).

Valentin F. Olontsev (Perm, Russian Federation) – doctor of technical science, professor, department of powdered materials, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: olontsevvf@gmail.com).

Получено 15.10.2014