

УДК 663.263.2

DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-231-243

**ИССЛЕДОВАНИЕ
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ,
ПРИГОТОВЛЕННЫХ
ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ
ВИНОДЕЛИЯ¹**

Агеева Наталья Михайловна
д-р техн. наук, профессор
главный научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Тихонова Анастасия Николаевна
канд. техн. наук
научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru

Глоба Екатерина Владимировна
младший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: balandina119@mail.ru

Бирюкова Светлана Александровна
канд. техн. наук
научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: b.svetlana777@mail.ru

Бурцев Борис Викторович
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
научного центра «Виноделие»
e-mail: borisburtsev@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное научное учреждение
«Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия»,
Краснодар, Россия*

UDC 663.263.2

DOI 10.30679/2219-5335-2022-2-74-231-243

**STUDY OF THE PHYSICAL
AND CHEMICAL PROPERTIES
OF ACTIVATED CARBONS
PREPARED FROM SECONDARY
RAW MATERIALS
OF WINEMAKING¹**

Ageyeva Natalia Mikhailovna
Dr. Sci. Tech., Professor
Chief Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: ageyeva@inbox.ru

Tikhonova Anastasia Nikolaevna
Cand. Tech. Sci.
Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: anastasia.he@yandex.ru

Globa Ekaterina Vladimirovna
Junior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: balandina119@mail.ru

Biryukova Svetlana Aleksandrovna
Cand. Tech. Sci.
Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: b.svetlana777@mail.ru

Burtsev Boris Viktorovich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of SC «Wine-making»
e-mail: borisburtsev@mail.ru

*Federal State Scientific
Budget Institution
«North-Caucasian Federal
Scientific Center of Horticulture,
Viticulture, Winemaking»,
Krasnodar, Russia*

¹ Исследование проводилось при финансовой поддержке Кубанского научного фонда в рамках научного проекта № МФИ-20.1/22

¹ The research was carried out with the financial support of the Kuban science Foundation in the framework of the scientific project № МФИ-20.1/22

Представлены экспериментальные данные о целесообразности производства активированных углей из отходов винодельческой промышленности – виноградной выжимки и плотных дрожжевых осадков. Активированные угли (АУ, порошки) были приготовлены малым предприятием Балакирева В.Г. (г. Майкоп) в виде пыли из виноградной выжимки белых (АУ1) и красных сортов винограда (АУ2), плотных дрожжевых осадков (АУ3 и АУ 4) и смеси виноградной выжимки и дрожжевых осадков (АУ5 и АУ 6) по следующей схеме: сушка сырья, карбонизация и активация в одном агрегате. Температура пиролиза 850-900 °С. Установлено, что по физико-химическим показателям экспериментальные образцы АУ были близки к контролю – промышленным образцам углей БАУ (Россия) и Карбинок (Франция). Приготовленными углями обрабатывали белое и красное сухое вино наливом и винный дистиллят. Установлено, что в результате обработки вин объемная доля этилового спирта, массовая концентрация сахаров, титруемых кислот, величина рН не претерпевали существенного изменения. Наибольшие изменения при обработке вин активированными углями претерпевают летучие кислоты (снижение их количества на 42% при обработке белого вина) и фенольные соединения (при обработке красного вина). Лучшие результаты по снижению концентрации летучих кислот получены при использовании АУ 3 и АУ 4, изготовленных на основе плотных дрожжевых осадков. Наибольшее снижение концентрации ацетальдегида выявлено при обработке дистиллятов образцами АУ 4, АУ 3, далее следуют АУ 2 и АУ 6, показавшие результаты, идентичные контрольным вариантам. Применение АУ 3 и АУ 4 обеспечило полное удаление ацетона, формирующего в аромате спиртов синтетические тона. Высокую сорбционную способность к сумме эфиров проявили АУ6 и АУ5. В результате обработки активированными углями,

Experimental data on the feasibility of production of activated carbons from the waste of the wine industry – grape pomace and dense yeast sediments are presented. Activated carbons (AC, powders) were prepared by the small enterprise Balakirev V.G. (Maykop) in the form of dust from grape pomace of white (AC1) and red grape varieties (AC2), dense yeast sediments (AC3 and AC 4) and a mixture of grape pomace and yeast sediments (AC5 and AC 6) according to the following scheme: drying of raw materials, carbonization and activation in one unit. Pyrolysis temperature is 850-900 °C. It was established that according to physical and chemical indicators, experimental samples of AC were close to the control and industrial samples of coal of BAU (Russia) and Karbinok (France). White and red dry wine in bulk and wine distillate were treated with prepared carbons. It was established that as a result of wine processing, the volume fraction of ethyl alcohol, the mass concentration of sugars, titrated acids, and the pH value did not undergo significant changes. Volatile acids (up to 42% in the processing of white wine) and phenolic compounds (in the processing of red wine) undergo the greatest changes during the treatment of wines with activated carbons. The best results in reducing the concentration of volatile acids are obtained using AC 3 and AC 4, made on the basis of dense yeast sediments. The greatest decrease in the concentration of acetaldehyde was detected during the treatment of distillates with samples of AC 4, AC 3, followed by AC 2 and AC 6, which showed results identical to control variants. The use of AC 3 and AC 4 ensured the complete removal of acetone, which forms synthetic tones in the aroma of alcohols. High sorption capacity for the sum of the ethers was shown by AC 6 and AC5. As a result of treatment with activated carbons,

особенно вариантами А3 и А4, улучшается вкус и аромат дистиллятов.

especially variants AC3 and AC4, the taste and aroma of distillates improves.

Ключевые слова: ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ, АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ, ВИНО, ДИСТИЛЛЯТЫ, ЛЕТУЧИЕ КОМПОНЕНТЫ

Key words: SECONDARY RAW MATERIALS, ACTIVATED CARBON, WINE, DISTILLATES, VOLATILE COMPONENTS

Введение. При производстве алкогольной продукции широкое применение находят активированные угли – наноструктурированные углеродные материалы с большим объемом и разнообразием пористого пространства. Технология их изготовления включает парогазовую активацию углеродсодержащего сырья, состоящую из двух стадий – пиролиза и карбонизации сырья с образованием пористого науглероженного материала. Активирование последнего окислителем производится при высокой температуре. В качестве окислителя чаще всего используется пар. Полученный таким образом активный (активированный) уголь (АУ) представляет собой пористый углеродный адсорбент с развитой внутренней поверхностью, состоящей из открытых пор и капиллярных каналов [1-4]. В одном грамме активированного угля эта поверхность может достигать 1000 м². Сущность действия такого материала при обработке жидких и газообразных сред состоит в адсорбции веществ на поверхности. Активированные угли избирательно удерживают различные вещества и поэтому возможны такие процессы, как разделение смесей компонентов, улавливание примесей, концентрирование отдельных компонентов из слабых растворов. Основное применение АУ в виноделии связано с регулированием окраски вин, при этом действие АУ тем сильнее, чем мельче размер его частиц, то есть чем больше степень его диспергирования и удельная эффективная поверхность, на которой протекают различные физико-химические процессы, в том числе адсорбция [4, 5].

Активные угли получают из разнообразного углеродсодержащего сырья [1-3]. В связи с экологической напряженностью поиск сырья для производства новых сорбентов и разработка технологий их получения является

актуальной задачей. В последние 10-15 лет перечень сырья, применяемого для производства АУ, расширился за счет использования отходов переработки растительного сырья, в том числе плодов и овощей [5-16]. К числу важнейших отходов винодельческого производства относятся выжимки, плотные дрожжевые и клеевые осадки, которые также могут быть использованы для изготовления АУ. В связи с этим актуальным вопросом становится оценка возможности изготовления АУ из отходов виноделия и их дальнейшее использование для обработки винопродукции.

Цель работы – приготовление активированных углей из вторичного сырья винодельческой отрасли и оценка эффективности их использования для обработки вин и винных дистиллятов.

Объекты и методы исследований. Объектами исследований были виноградные выжимки белых и красных сортов винограда, плотные дрожжевые осадки, отобранные на различных предприятиях Краснодарского края. Активированные угли (порошки) были приготовлены малым предприятием Балакирева В.Г. (г. Майкоп) по следующей схеме: сушка сырья, карбонизация и активация в одном агрегате. Температура пиролиза 850-900 °С. В результате проведенных работ получены АУ в виде пыли из виноградной выжимки белых (АУ1) и красных сортов винограда (АУ2), плотных дрожжевых осадков (АУ3 и АУ 4) и смеси виноградной выжимки и дрожжевых осадков (АУ5 и АУ 6).

Физико-химические показатели АУ определяли по методикам ГОСТ 6217-74. Для оценки эффективности действия различных АУ проводили обработку белого и красного виноматериалов, а также винного дистиллята одинаковой дозировкой 0,5 г/дм³. В качестве контроля использовали уголь отечественного производства БАУ, широко применяемый для обработки напитков, и препарат Карбинок (Германия, Ербсле Гайзенхайм) в дозировке

0,75 г/дм³. Для определения физико-химических показателей виноматериалов применяли методики действующих ГОСТ. Массовую концентрацию летучих примесей винного дистиллята определяли методом газожидкостной хроматографии (Кристалл 2000).

Обсуждение результатов. Проведенные исследования показали, что по физико-химическим показателям экспериментальные образцы АУ были близки к контролю и соответствовали требованиям ГОСТ 6217-74 (табл. 1). При этом зольность контрольных вариантов была выше. Следует отметить высокую сорбционную способность экспериментальных вариантов АУ по адсорбции йода и метиленового голубого. При этом установлено, что вид сырья, из которого изготовлены АУ, не оказал существенного влияния на физико-химические показатели сорбента. Наибольшее различие выявлено по суммарному объему пор. Установлено более высокое значение этого показателя у образцов АУ 3 и АУ 4, произведенных из плотных дрожжевых осадков. В этих же образцах отмечено и наибольшее значение насыпной массы.

Таблица 1 – Физико-химические показатели экспериментальных образцов активированных углей

| Вариант АУ | Насыпная плотность, г/дм ³ | Суммарный объем пор по воде, см ³ /г | Адсорбционная способность | | Зола, % | рН |
|-----------------|---------------------------------------|---|---------------------------|--------------------------------|------------|-----|
| | | | по йоду, % | по метиленовому голубому, мг/г | | |
| По ГОСТ 6217-74 | Не более 240 | Не менее 1,4 | Не менее 60 | Не нормируется | Не более 7 | - |
| АУ 1 | 215 | 1,65 | 85 | 116 | 3,6 | 8,4 |
| АУ 2 | 214 | 1,68 | 88 | 108 | 3,8 | 8,8 |
| АУ 3 | 235 | 1,76 | 88 | 106 | 3,5 | 8,6 |
| АУ 4 | 233 | 1,76 | 92 | 112 | 3,7 | 8,6 |
| АУ 5 | 218 | 1,64 | 88 | 114 | 3,9 | 8,6 |
| АУ 6 | 222 | 1,71 | 90 | 116 | 3,5 | 8,6 |
| Карбинок | 238 | 1,48 | 78 | 108 | 6,2 | 8,8 |
| БАУ | 236 | 1,56 | 73 | 106 | 6,4 | 9,6 |

Активированный уголь можно рассматривать как систему тонко разветвленных пустых пространств с очень большими внутренней и наружной поверхностями, способными сорбировать (втягивать) как коллоиды мути, так и вкусовые и пахучие вещества. В связи с этим большой интерес представляет взаимодействие АУ с компонентами вина.

При внесении активированных углей и перемешивании среды в винах образовалась устойчивая, медленно седиментирующая муть. Все образцы вин, в том числе обработанные контрольными вариантами углей, осветлялись очень медленно: только через 24-26 часов вина приобретали достаточную прозрачность, после чего они хорошо фильтровались. Интересна кинетика осветления вин, обработанных АУ. В первые 2-4 часа все варианты были мутными, а пылевидные частицы АУ почти равномерно распределялись по всему объему обработанной жидкости. Раньше других начали осветляться вина контрольных образцов БАУ и Карбинок. Первые признаки седиментации в вариантах АУ1, АУ2, АУ5 и АУ6 проявились через 5,5 ч с момента обработки, а АУ3 и АУ4 – через 6 ч. Возможно, это связано с различным размером пор.

По окончании фильтрации контролировали концентрации важнейших физико-химических показателей вин (табл. 2). Следует отметить, что массовая концентрация сахаров в сухом вине практически не изменилась. Объемная доля этилового спирта уменьшилась на 0,25 %об. в белом и на 0,32 %об. в красном вине. Величина рН также изменялась незначительно.

Анализ экспериментальных данных, представленных в таблице 2, показал, что наибольшие изменения при обработке активированными углями претерпевают летучие кислоты (до 42 % при обработке белого вина) и фенольные соединения (при обработке красного вина). Лучшие результаты по снижению концентрации летучих кислот получены при использовании АУ 3 и АУ 4, изготовленных на основе плотных дрожжевых осадков. Эти же угли проявили наибольшую сорбционную способность к фенольным соединениям, включая антоцианы.

Таблица 2 – Изменение физико-химических показателей белого и красного вина после обработки активированными углями

| Вариант АУ | Массовая концентрация | | | | рН |
|----------------|---------------------------|---------|-------------------|------------|-----|
| | кислот, г/дм ³ | | фенольных веществ | | |
| | титруемых | летучих | суммы | антоцианов | |
| Белое вино | | | | | |
| необработанное | 7,2 | 0,72 | 156 | - | 3,2 |
| АУ 1 | 7,1 | 0,48 | 142 | - | 3,2 |
| АУ 2 | 7,0 | 0,44 | 142 | - | 3,2 |
| АУ 3 | 6,8 | 0,42 | 130 | - | 3,3 |
| АУ 4 | 6,8 | 0,44 | 130 | - | 3,3 |
| АУ 5 | 7,0 | 0,50 | 138 | - | 3,2 |
| АУ 6 | 7,0 | 0,52 | 135 | - | 3,2 |
| Карбинок | 7,0 | 0,50 | 140 | - | 3,2 |
| БАУ | 7,0 | 0,50 | 142 | - | 3,2 |
| Красное вино | | | | | |
| необработанное | 6,5 | 0,60 | 2450 | 420 | 3,4 |
| АУ 1 | 6,5 | 0,56 | 2310 | 384 | 3,3 |
| АУ 2 | 6,5 | 0,56 | 2350 | 368 | 3,3 |
| АУ 3 | 6,2 | 0,48 | 2120 | 346 | 3,4 |
| АУ 4 | 6,1 | 0,46 | 2100 | 340 | 3,5 |
| АУ 5 | 6,3 | 0,54 | 2210 | 354 | 3,3 |
| АУ 6 | 6,2 | 0,52 | 2280 | 350 | 3,5 |
| Карбинок | 6,3 | 0,54 | 2260 | 360 | 3,5 |
| БАУ | 6,3 | 0,52 | 2230 | 368 | 3,4 |

Большой интерес представляет исследование взаимодействия АУ с летучими примесями винных дистиллятов. Известно применение АУ для обработки водочных сортировок, висковых, сливовых, яблочных дистиллятов с целью улучшения их органолептических показателей, фильтруемости, осветления [17-24].

Очистка активированными углями водно-спиртовых смесей основана на адсорбционной способности избирательно поглощать/впитывать некоторые примеси спирта-сырца, а также каталитической способности АУ превращать одни летучие компоненты в другие. Кроме того, при обработке водно-спиртовых сред активированные угли участвуют в окислительно-восстановительных процессах по схеме: спирт-альдегид-кислота-сложные эфиры. Вновь образован-

ные кислоты вступают в реакцию со спиртами, образуются сложные эфиры, которые оказывают благоприятное влияние на вкус и аромат готового продукта [19, 21, 24]. Благодаря таким процессам в результате обработки активированными углями улучшаются органолептические показатели дистиллятов [22, 23]. Установлено существенное влияние АУ на концентрацию ацетальдегида, ацетоина, суммы летучих кислот, высокие концентрации которых придают винным дистиллятам самогонные тона в аромате, и проявляются резкостью и жгучестью во вкусе (табл. 3).

Карбонильные соединения, то есть альдегиды, присутствуют в виноградных дистиллятах как побочные продукты ферментации. Эти соединения являются промежуточными продуктами двухстадийного декарбоксилирования альфа-кетокислот до спиртов, а также синтеза и окисления спиртов.

Часто наблюдается их негативное влияние на качество дистиллятов и напитков, изготовленных на их основе. Даже при низких концентрациях альдегиды ухудшают качество спиртных напитков, придавая жесткость и резкость вкусу. Наибольшее снижение концентрации ацетальдегида отмечено при обработке дистиллятов образцами АУ 4, АУ 3, далее следуют АУ 2 и АУ 6, показавшие результаты, идентичные контрольным вариантам. Применение АУ 3 и АУ 4 обеспечило полное удаление ацетоина, формирующего в аромате спиртов синтетические тона.

Высокую сорбционную способность к сумме эфиров проявили АУ 6 и АУ 5, сырьем для производства которых были смеси выжимки и плотных дрожжевых осадков. Далее следуют АУ 3 и АУ 4. Угли АУ 3-АУ 6 полностью сорбировали из обрабатываемого дистиллята этилформиат, уменьшалась также концентрация этилацетата, метилацетата и, особенно, этиллаурата.

Концентрация метанола и высших спиртов была идентичной во всех вариантах, включая контрольные, однако отмечается снижение содержания метанола, особенно в вариантах АУ 5 и АУ 6. В ряде вариантов значительно снизилась концентрация 2-бутанола и 2-пропанола.

Таблица 3 – Изменение концентрации летучих примесей винных дистиллятов при обработке АУ

| Компонент | Необра- ботанный | Массовая концентрация летучих примесей при обработке углями вариантов, мг/дм ³ | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------------|-------|
| | | АУ 1 | АУ 2 | АУ 3 | АУ 4 | АУ 5 | АУ 6 | Карби- нок | БАУ |
| Ацетальдегид | 464,8 | 404,8 | 386,0 | 381,1 | 378,6 | 398,4 | 387,6 | 388,8 | 400,7 |
| Ацетоин | 1,86 | 0,30 | 0,28 | нет | нет | 0,24 | 0,22 | 0,45 | 0,72 |
| Фурфурол | 5,5 | 3,3 | 3,0 | 3,0 | 2,6 | 3,2 | 3,0 | 4,8 | 4,0 |
| Метанол | 266,3 | 244,7 | 241,4 | 241,0 | 233,0 | 227,4 | 221,5 | 251,6 | 244,4 |
| Сумма эфиров | 1433 | 1127 | 1096 | 1076 | 1032 | 1020 | 988 | 1205 | 1155 |
| в том числе: | | | | | | | | | |
| этилформиат | 0,26 | 0,26 | 0,17 | нет | нет | нет | нет | 0,22 | 0,12 |
| метилацетат | 57,2 | 41,7 | 45,6 | 36,1 | 44,1 | 42,7 | 38,4 | 44,3 | 38,7 |
| этилацетат | 1342 | 1118 | 1178 | 1027 | 1206 | 1236 | 1100 | 1211 | 1083 |
| этилвалериат | 0,85 | 0,78 | 0,85 | 0,80 | 0,74 | 0,75 | 0,43 | 0,67 | 0,64 |
| этиллактат | 9,55 | 7,61 | 8,69 | 8,60 | 9,25 | 8,45 | 7,83 | 8,65 | 8,05 |
| этилкаприлат | 3,30 | 2,04 | 2,52 | 2,03 | 3,03 | 3,28 | 2,42 | 2,56 | 2,85 |
| этиллаурат | 8,65 | 2,76 | 2,60 | 3,01 | 8,54 | 5,37 | 3,22 | 3,37 | 3,18 |
| Сумма выс- ших спиртов | 1300 | 1104 | 1106 | 1122 | 1118 | 1092 | 1090 | 1195 | 1174 |
| в том числе: | | | | | | | | | |
| 2-пропанол | 62,6 | 57,5 | 33,8 | 16,2 | 17,6 | 27,3 | 31,7 | 32,5 | 36,5 |
| 2-бутанол | 3,57 | 3,44 | 3,44 | нет | 0,96 | 0,73 | нет | 1,22 | 2,18 |
| 1-пропанол | 133,3 | 133,2 | 131,0 | 129,2 | 133,0 | 132,0 | 127,6 | 133,3 | 128,0 |
| изобутанол | 208,8 | 203,2 | 205,0 | 201,4 | 200,9 | 203,5 | 195,7 | 192,7 | 191,4 |
| 1-бутанол | 8,65 | 7,40 | 7,53 | 6,06 | 6,12 | 7,02 | 7,21 | 7,03 | 6,88 |
| изоамилол | 857 | 842 | 855 | 853 | 844 | 846 | 838 | 846 | 848 |
| 1-амилол | 3,24 | 2,44 | 3,00 | 3,20 | 3,23 | 3,20 | 2,28 | 2,33 | 2,36 |
| 1-гексанол | 22,48 | 23,00 | 23,00 | 20,2 | 22,6 | 20,7 | 21,2 | 20,9 | 21,8 |
| Сумма лету- чих кислот | 657,4 | 402,8 | 388,4 | 396,8 | 388,5 | 378,7 | 378,4 | 525,3 | 490,8 |
| в том числе: | | | | | | | | | |
| уксусная | 639,9 | 403,5 | 508,7 | 404,0 | 425,6 | 517,1 | 501,4 | 514,8 | 512,0 |
| пропионо- вая | 1,29 | нет | нет | нет | нет | нет | нет | 0,28 | 0,22 |
| изомасляная | 2,92 | 1,36 | 1,17 | 1,44 | 1,11 | 1,76 | 1,32 | 1,09 | 1,23 |
| изовалериан- новая | 2,75 | 1,44 | 1,20 | 1,09 | 1,27 | 1,98 | 1,56 | 1,44 | 1,48 |
| Дегустаци- онная оценка, балл | 7,3 | 7,5 | 7,6 | 7,8 | 7,9 | 7,7 | 7,7 | 7,8 | 7,7 |

Кроме физической адсорбции, уголь обладает химической сорбцией [1, 18]. Необратимая сорбция кислорода углем (а кислород всегда присутствует в порах угля) приводит к образованию окислов основного характера, которые при взаимодействии с водой дают основание. Гидроксильные ионы, переходящие с поверхности угля в раствор, удерживаются противоположными зарядами поверхности, образуя двойной электрический слой. Такое строение некоторых участков поверхности угля подтверждается значительно большей сорбцией органических кислот, что полностью подтвердилось результатами исследований. Среди летучих кислот при взаимодействии с экспериментальными образцами АУ полностью сорбирована пропионовая кислота, значительно (более чем в 2 раза) снизилось количество масляной и изовалериановой кислот. Содержание уксусной кислоты уменьшилось на 22-35 %, особенно при обработке АУ 1 и АУ 3.

Весьма показательна дегустационная оценка дистиллятов. В результате обработки активированными углями, особенно вариантами А 3 и А 4, улучшается вкус и аромат дистиллятов. В исходном образце отмечалась резкость, жесткость вкуса, наличие сильно выраженных самогонных и синтетических оттенков. Обработка АУ значительно снизила проявление самогонных и синтетических тонов, вкус стал мягче, в аромате дистиллята проявились винные тона.

Таким образом, представленные экспериментальные данные свидетельствуют о целесообразности производства активированного угля из отходов винодельческого производства с целью последующего его использования для обработки вин и дистиллятов.

Выводы. Активированные угли, произведенные из вторичного сырья винодельческой промышленности – виноградной выжимки и плотных дрожжевых осадков, обладают развитой удельной поверхностью и наличием активного пористого пространства. По физико-химическим показателям они близки к промышленным аналогам. Применение АУ для обработки

вин позволило снизить массовую концентрацию летучих кислот. При обработке винных дистиллятов отмечено снижение концентрации ацетона, ацетальдегида и летучих кислот.

Литература

1. Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов: учеб. пособие. Москва: Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, 2012. 305 с.
2. Рынок активированного угля в России. Текущая ситуация и прогноз 2019-2023 гг. [Электронный ресурс] Режим доступа: <ps://altogroup.ru/otchet/rossija/326-rynok-aktivirovannogo-uglya-tekushhaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html> (дата обращения: 02.02.2022).
3. Mohammad Iyas, Nadir Khan, Qamar Sultana. Thermodynamic and Kinetic Studies of Chromium (VI) Adsorption by Sawdust Activated Carbon // Journal Chemical Society of Pakistan, 2014, V. 36 (6), pp. 1003-1012.
4. Активированный уголь на кокосовой основе (207 С, 607 С, Каусорб) [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://силикагель.рф/ugol-aktivirovannuj/20-aktivirovannuj-ugol-207-s-607-s-ka>. (дата обращения: 21.01.2022).
5. Корректирующие средства. Активированный уголь. Электронный ресурс. <https://ioc.eu.com/ru/products>. (дата обращения 28.02.2022).
6. Виноградов В.А., Кречетов, Загоруйко В.А. и др. Исследование активированного угля из семян винограда // Магарач. Виноградарство и виноделие. Сборник трудов. 2010. С. 104-108.
7. Получение активного угля из фруктовых косточек / Л.Я. Галушко [и др.] // Химия твердого топлива, 1998, № 3. С. 33-37.
8. Способ приготовления активированного угля из растительного сырья [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://bankpatentov.ru/node/96409>. (дата обращения: 29.01.2022).
9. Pandharipade S.L., Moharkar Yogesh, Thakur Raj. Synthesis of Adsorbents from Waste Materials Such as Ziziphus Jujube Seed & Mango Kernel // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2012, Vol. 2, Issue 4, pp.1337-1341.
10. Yang Ying Kun, Li Hin Huan. Xinyang shifan xueyuan xuebao. Ziran kexue ban // J.Xinyang Teach. Coll. Natur. Sci. Ed.-2011. – 14.-№2. –p.226-227.
11. Apple residue – new starting material for high surface area carbon // Zhao B.J., Hirose T., Okabe T., Yoshimura V., Hu K.A., Zhang D. // J.Mster. Sci.Lett. 2002. 21. № 4. p. 334-336.
12. Korobochkin V.V., Tu N.V., Hieu N.M. Production of activated carbon from rice husk Vietnam // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. V. 43. P. 1-6.
13. Пучков Е.М., Галкин А.В., Ушаповский И.В. Технология производства сорбентов из костры масличного льна // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2019. 20(5). С. 517-525. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.517-525>
14. Электронный ресурс <https://e-cis.info/news/569/92331/Туркменские> ученые предложили способ производства активированного угля из солодки
15. Хлытина А.А., Матюшин А.А. Поиск эффективных сорбентов путем определения их удельной адсорбции // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium». 2018. Vol. 20. № 2; P. 93-97.
16. Определение физико-химических и адсорбционных характеристик нового активированного угля из косточек урюка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4373> (дата обращения: 26.02.2022)

17. Robert A. Freitas Jr., «The Whiskey Machine: Nanofactory-Based Replication of Fine Spirits and Other Alcohol-Based Beverages» IMM Report No. 47, May 2016; <http://www.imm.org/Reports/rep047.pdf>.

18. Khudzir I, Mohd M.I. Azlan, Zaidi A.G., Surani B., Zubri Z. Properties of coconut shell activated carbon mn Journal of Tropical Forest Science 25(4): 497–503 (2013).

19. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Jusel T. (2017a) Treatment with activated carbon and other adsorbents as an effective method for the removal of volatile compounds in agricultural distillates. Food Add Cont Part A 34:714-727.

20. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Strak E. (2017b) The effect of distillation conditions and alcohol content in 'heart' fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies. J Inst Brew 123:452–463.

21. Siristova L., Prinosilova S., Riddelova K., Hajslova J., Melzoch K. (2013) Changes in quality parameters of vodka filtered through activated carbon. Czech J Food Sci 5:474-482 (2008) https://books.google.pl/books?id=N1MwTuijcz8C&printsec=frontcover&hl=pl&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Accessed 03 February 2018.

22. Balcerek, M., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U. et al. Effect of filtration on elimination of turbidity and changes in volatile compounds concentrations in plum distillates. J Food Sci Technol 56, 2049–2062 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03682-0>.

23. Onuki, S., J.A. Koziel, W.S. Jenks, L. Cai, S. Rice, and J. (Hans) van Leeuwen. (2015) Ethanol purification with ozonation, activated carbon adsorption, and gas stripping. Separation and Purification Technology, submitted in January 2015, revised manuscript submitted in mid-June 2015.

24. Catherine AYRAL; Elimination de polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif; Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse (France); 2009; p. 186.

References

1. Muhin V.M., Klushin V.N. Proizvodstvo i primeneniye uglerodnykh adsorbentov: ucheb. posobie. Moskva: Rossijskij himiko-tehnologicheskij universitet im. D.I. Mendeleeva, 2012. 305 s.

2. Rynok aktivirovannogo uglya v Rossii. Tekushchaya situaciya i prognoz 2019-2023 gg. [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <ps://altogroup.ru/otchot/rossija/326-rynok-aktivirovannogo-uglya-tekushchaya-situaciya-i-prognoz-2014-2018-gg.html> (data obrashcheniya: 02.02.2022).

3. Mohammad Ilyas, Nadir Khan, Qamar Sultana. Thermodynamic and Kinetic Studies of Chromium (VI) Adsorption by Sawdust Activated Carbon // Journal Chemical Society of Pakistan, 2014, V. 36 (6), rr. 1003-1012.

4. Aktivirovannyj ugol' na kokosovoj osnove (207 S, 607 S, Kausorb) [Elektronnyj resurs] Rezhim dostupa: <http://silikagel.rf/ugol-aktivirovannuj/20-aktivirovannyj-ugol-207-s-607-s-ka>. (data obrashcheniya: 21.01.2022).

5. Korrektiruyushchie sredstva. Aktivirovannyj ugol'. Elektronnyj resurs. <https://ioc.eu.com/ru/products>. Data obrashcheniya 28.02.2022.

6. Vinogradov V.A., Krechetov, Zagorujko V.A. i dr. Issledovanie aktivirovannogo uglya iz semyan vinograda // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. Sbornik trudov. 2010. S. 104-108.

7. Poluchenie aktivnogo uglya iz fruktovykh kostoček / L.Ya. Galushko [i dr.] // Himiya tverdogo topliva, 1998, № 3. S. 33-37.

8. Sposob prigotovleniya aktivirovannogo uglya iz rastitel'nogo syr'ya [Elektronnyj

resurs]. Rezhim dostupa: <http://bankpatentov.ru/node/96409>. (data obrashcheniya: 29.01.2022).

9. Pandharipade S.L., Moharkar Yogesh, Thakur Raj. Synthesis of Adsorbents from Waste Materials Such as Ziziphus Jujube Seed & Mango Kernel // International Journal of Engineering Research and Applications (IJERA). 2012, Vol. 2, Issue 4, pp.1337-1341.

10. Yang Ying Kun, Li Hin Huan. Xinyang shifan xueyuan xuebao. Ziran kexue ban // J.Xinyang Teach. Coll. Natur. Sci. Ed.-2011. – 14.-№2. –r.226-227.

11. Apple residye – new starting material for high surface area carbon // Zhao B.J., Hirose T., Okabe T., Yoshimura V., Hu K.A., Zhang D. // J.Mster. Sci.Lett. 2002. 21. № 4. p. 334-336.

12. Korobochkin V.V., Tu N.V., Hieu N.M. Production of activated carbon from rice husk Vietnam // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2016. V. 43. P. 1-6.

13. Puchkov E.M., Galkin A.V., Ushchapovskij I.V. Tekhnologiya proizvodstva sorbentov iz kostry maslichnogo l'na // Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka. 2019. 20(5). S. 517-525. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.5.517-525>

14. Elektronnyj resurs https://e-cis.info/news/569/92331/Turkmenskie_uchenye_predlozhili_sposob_proizvodstva_aktivirovannogo_uglya_iz_solodki

15. Hlytina A.A., Matyushin A.A. Poisk effektivnyh sorbentov putem opredeleniya ih udel'noj adsorbicii // The Journal of scientific articles «Health and Education Millennium». 2018. Vol. 20. № 2; P. 93-97.

16. Opredelenie fiziko-himicheskikh i adsorbicnykh harakteristik novogo aktivirovannogo uglya iz kostoček uryuka [Elektronnyj resurs]. Rezhim dostupa: <http://7university.com/ru/tech/archive/item/4373> (data obrashcheniya:26.02.2022)

17. Robert A. Freitas Jr., «The Whiskey Machine: Nanofactory-Based Replication of Fine Spirits and Other Alcohol-Based Beverages» IMM Report No. 47, May 2016; <http://www.imm.org/Reports/rep047.pdf>.

18. Khudzir I, Mohd M.I. Azlan , Zaidi A.G., Surani B., Zubri Z. Properties of coconut shell activated carbon mn Journal of Tropical Forest Science 25(4): 497–503 (2013).

19. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Jusel T. (2017a) Treatment with activated carbon and other adsorbents as an effective method for the removal of volatile compounds in agricultural distillates. Food Add Cont Part A 34:714-727.

20. Balcerek M., Pielech-Przybylska K., Patelski P., Dziekońska-Kubczak U., Strąk E. (2017b) The effect of distillation conditions and alcohol content in 'heart' fractions on the concentration of aroma volatiles and undesirable compounds in plum brandies. J Inst Brew 123:452–463.

21. Siristova L., Prinossilova S., Riddellova K., Hajslova J., Melzoch K. (2013) Changes in quality parameters of vodka filtered through activated carbon. Czech J Food Sci 5: 474-482 (2008) https://books.google.pl/books?id=N1MwTuijcz8C&printsec=frontcover&hl=pl&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false. Accessed 03 February 2018.

22. Balcerek, M., Pielech-Przybylska, K., Dziekońska-Kubczak, U. et al. Effect of filtration on elimination of turbidity and changes in volatile compounds concentrations in plum distillates. J Food Sci Technol 56, 2049–2062 (2019). <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03682-0>.

23. Onuki, S., J.A. Koziel, W.S. Jenks, L. Cai, S. Rice, and J. (Hans) van Leeuwen. (2015) Ethanol purification with ozonation, activated carbon adsorption, and gas stripping. Separation and Purification Technology, submitted in January 2015, revised manuscript submitted in mid-June 2015.

24. Catherine AYRAL; Elimination de polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif; Thèse de Doctorat de l'Université de Toulouse (France); 2009; p. 186.