

Таблица 2 – Влияние состава сшивающих агентов на гелеобразование

| Состав сшивающего агента                                       | Диаметр гранул сорбента, мм | Форма гранул сорбента    |
|--|-----------------------------|--------------------------|
| CaCl <sub>2</sub> (2,5 %)                                      | 2,7–3,0                     | Сферическая              |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (5 %)                           | –                           | Не сформировались        |
| H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (5 %) / CaCl <sub>2</sub> (5 %) | 2,5                         | Сферическая              |
| CaCl <sub>2</sub> (1 %) / H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (5 %) | 2,5–2,6                     | Сферическая              |
| Лимонная кислота (5 %) / CaCl <sub>2</sub> (5 %)               | 3,0–3,4                     | Сферическая приплюснутая |

Сшивание полимеров происходило за счет наличия во всех композициях альгината натрия, который и обеспечивал формирование гранул. В то время как борная кислота не способствовала формированию гранул сорбента, гранулы, сформированные в лимонной кислоте с хлоридом кальция, имели наибольший диаметр, что обусловлено приплюснутой формой гранул. Состав композиций не влиял на диаметр гранул.

Адсорбционная способность полученных композитов была оценена по отношению к ионам кобальта (Co<sup>2+</sup>) спектрофотометрически. В качестве сшивающего агента использовался раствор лимонной кислоты с хлоридом кальция. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Влияние состава полимерных композитов на адсорбционную способность по отношению к ионам кобальта

| Состав сорбента  | Адсорбционная способность, мг/г |
|--|---------------------------------|
| Поливиниловый спирт (3 %)/<br>альгинат натрия (1 %)/<br>диоксид титана (1 %) | 35                              |
| Пектин (3 %)/<br>альгинат натрия (1 %)                                       | 42                              |
| Каррагинан (3 %)/<br>альгинат натрия (1 %)                                   | 29                              |
| Ксантан (3 %)/<br>альгинат натрия (1 %)                                      | 31                              |
| Геллан (3 %)/<br>альгинат натрия (1 %)                                       | 28                              |

Наибольшую адсорбционную способность проявили композиты на основе пектина и поливинилового спирта с диоксидом титана. Таким образом, полученные сорбенты могут быть использованы для очистки сточных вод от тяжелых металлов, в частности от кобальта.

УДК 544.723

**СРАВНЕНИЕ АДСОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ АКТИВИРОВАННЫХ УГЛЕЙ,  
ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
МЕТОДОМ ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ, С ПРОМЫШЛЕННЫМ  
ОБРАЗЦОМ МАРКИ ОУ-А**

*Ли Мэнвэй*

*Белорусский государственный университет*

*e-mail: limengwei107@gmail.com*

**Summary.** *The adsorption properties of activated carbons prepared by thermochemical synthesis were compared and analysed with those of industrial activated carbons. The comparison of the ad-*

*sorption capacity of the samples on the conventional substance-markers shows that the mesoporous activated carbon prepared by the thermochemical synthesis method has better adsorption performance than the commercial carbon produced by the conventional technique.*

Активированный уголь (АУ) – пористый углеродный материал с высокой удельной поверхностью, который широко используется в качестве сорбента во многих процессах в различных областях. В соответствии с классификацией, принятой Международным союзом теоретической и прикладной химии (IUPAC), в зависимости от размера и механизма адсорбции все АУ делятся на микро- (радиус менее 2 нм), мезо- (радиус в диапазоне 2–50 нм) и макропористые (радиус более 50 нм) [1].

В настоящее время разработаны технологии полученных АУ, которые основаны на методах химической и физической активации. Промышленный уголь, приготовленный традиционными методом физической активации, имеет высокое содержание микропор. В НИИ ФХП БГУ методом термохимической активации с использованием ортофосфорной кислоты впервые в мире были получены активированные угли с содержанием мезопор более 70 % и удельной поверхностью 1000–1500 м<sup>2</sup>/г из многотоннажных отходов гидролизного производства – гидролизного лигнина [2]. Поэтому представляло интерес определить адсорбционную способность активированных углей, полученных этим способом из различных растительных материалов и провести их сравнительную оценку с промышленным образцом АУ марки ОУ-А, изготовленным из карбонизатов березы под воздействием водяного пара при температуре 800–900 °С на ОАО «Сорбент» (г. Пермь).

С этой целью были изучены активированные угли, полученные из гидролизного лигнина, пакли льна, опилок сосны и целлюлозы бамбука путем пропитки их ортофосфорной кислотой при жидкостном модуле 1:2 с последующей двухстадийной термической обработкой в течение 2-х ч сначала при 300 °С, а затем при 500 °С. Отмывку измельченных в порошок образцов вели дистиллированной водой до отрицательной реакции на фосфат-ионы, а затем высушивали при 105 °С. Для оценки адсорбционной способности активированных углей использовали традиционные тест-маркеры (феназон, йод, метиленовый голубой и витамин В<sub>12</sub>). Адсорбционную активность АУ определяли по разности концентраций веществ-маркеров в растворе до и после адсорбции. По теории адсорбции эта величина соответствует гиббсовой адсорбции Г [3].

Феназон имеет молекулярную массу 188 Д и может моделировать адсорбционную способность АУ по отношению к низкомолекулярным соединениям с ММ до 500 Д, таким как креатинин, мочева кислота, барбитураты, фосфорорганические соединения и другим токсинам. Для этих же целей в качестве веществ-маркеров часто используется йод и метиленовый голубой (МГ), а для моделирования сорбции молекул средних размеров с ММ 500–1500 Д к которым относятся такие вещества, как олигопептиды, липополисахариды и др., предлагается витамин В<sub>12</sub> [4].

Полученные результаты представлены в табл. 1, из которой следует, что все полученные методом термохимической активации мезопористые угли одинаково хорошо сорбируют как молекулы малых, так и средних размеров, что обусловлено их большой площадью удельной поверхности и наличием мезопористой структуры, доступной для сорбции таких молекул.

Промышленно выпускаемый АУ марки ОУ-А уступает экспериментальным образцам по сорбции йода, феназона, метиленового голубого и витамина В<sub>12</sub>.

Таблица 1 – Адсорбционная способность АУ в отношении феназона, йода, МГ и витамина В<sub>12</sub>

| Образец АУ                             | Адсорбционная способность Г, мг/г |                     |                    |                                 |
|--|-----------------------------------|---------------------|--------------------|---------------------------------|
|  | Феназон<br>(188 г/моль)           | Йод<br>(254 г/моль) | МГ<br>(374 г/моль) | В <sub>12</sub><br>(1357г/моль) |
| АУ из гидролизного лигнина             | 430±10                            | 820±20              | 580±10             | 65±5                            |
| АУ из пакли льна                       | 420±10                            | 870±20              | 550±10             | 78±5                            |
| АУ из опилок сосны                     | 450±10                            | 980±20              | 610±10             | 80±5                            |
| АУ из целлюлозы бамбука                | 530±10                            | 1040±20             | 580±10             | 94±5                            |
| АУ марки ОУ-А из древесины березы (РФ) | 290±10                            | 530±20              | 360±10             | 50±5                            |

#### Список использованных источников

1. IUPAC Manual of Symbols and Terminology, Appendix 2, Part I, Colloid and Surface Chemistry [Text] // Pure Appl. Chem. – 1972. – Vol. 31. – P. 578.
2. Патент ЕА 039799. Способ получения активированного мезопористого угля из лигнинсодержащего сырья. Авторы Гриншпан Д. Д., Цыганкова Н. Г., Савицкая Т. А., Мелеховец Н. А., Макаревич С. Е. и др. Заявл. 15.12.2020. Оpubл. 15.03.2022.
3. Щукин, Е. Д. Коллоидная химия: учеб. / Е. Д. Щукин, А. В. Перцов, Е. А. Амелина. – 3-е изд. – М.: Высшая школа, 2004. – 445 с.
4. Морозова, А. А. Сравнительное изучение структуры и свойств волокнистых угольных адсорбентов медицинского назначения / А. А. Морозова // Хим.– фарм. ж. – 1997. – № 3. – С. 53–55.

#### УДК 631.861

#### ПОЛУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО УДОБРЕНИЯ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ ЖИВОТНОВОДСТВА И ГИДРОЛИЗНОГО ЛИГНИНА

Мамаев А. В.<sup>1</sup>, Гриншпан Д. Д.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Учреждение образования «Национальный Детский Технопарк»

<sup>2</sup> Учреждение БГУ «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем»  
e-mail: grinsphan@bsu.by, mamaeva06@mail.ru

**Summary.** A method is proposed for obtaining an effective fertilizer from organic animal waste – manure or dung – and hydrolytic lignin. The fertilizer is an odorless free-flowing powder, does not harm the environment and has a prolonged action. The prime cost of fertilizer is much less than the cost of imported analogues sold in our republic. In the production of fertilizer, only Belarusian raw materials are used, which makes it possible to completely replace imports and create conditions for food security.

В настоящее время в Республике Беларусь образуется около 50 млн т навоза, который после компостирования вносится на поля. По видам навоз отличается в зависимости от каких животных и птиц он получен: коровий, свиной, птичий и т. д. Кроме этого, бывает жидкий и твердый (образуется после сепарации жидкого навоза). Компостирование сегодня является основным способом переработки навоза. К сожалению, используемые на территории Беларуси технологии обращения с навозом (буртование и компостирование) являются малоэффективными, т. к. получаемые органические удобрения имеют высокую влажность (до 90 %), что ограничивает их транспортную логистику и соответственно рынок сбыта. Кроме того, эти удобрения имеют низкие показатели эффективности из-за эмиссии азота в атмосферу и потерь органического вещества при хранении, что и обуславливает их низкую продажную цену. При хранении навоза распространяются неприятные запахи, которые доставляют дискомфорт населению близлежащих населенных пунктов, а при попадании навозных стоков в грунтовые воды наносится огромный вред окружающей среде. Для размещения компоста