

Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 20–27.

*Yestestvennye nauki = Natural Sciences*. 2023; 3 (12): 20–27 (In Russ.)

Научная статья

УДК 544.723.212

doi 10.54398/1818507X\_2023\_3\_20

**ПОЛУЧЕНИЕ УГОЛЬНОГО СОРБЕНТА ИЗ БИОМАССЫ ОТХОДОВ  
ХЛОПЧАТНИКА АСТРАХАНСКОЙ ОБЛАСТИ  
И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СВОЙСТВ<sup>©</sup>**

***Шакирова Виктория Викторовна<sup>1✉</sup>, Садомцева Ольга Сергеевна<sup>2</sup>***

Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева,

г. Астрахань, Россия

<sup>1</sup>svv\_2004@mail.ru<sup>✉</sup>

**Аннотация.** Для осуществления сорбционных методов очистки воды применяются сорбенты природного и искусственного происхождения. Угольные сорбенты широко используются в области очистки воды, воздуха и различных процессов сорбции. Они обладают высокой эффективностью в сорбции органических веществ и тяжелых металлов, а также могут использоваться для очистки почв и воды от нефтепродуктов. Одним из самых экономичных способов применения данного метода является использование сорбентов, полученных из отходов производства и потребления. Большой интерес представляют многотоннажные возобновляемые отходы сельского хозяйства, в качестве перспективного сырья для получения сорбционных материалов. Сырьём для получения таких угольных сорбентов могут быть отходы растительного происхождения. В работе рассматривается возможность использовать зелёных побегов хлопчатника для получения угольных сорбентов. Изучены основные сорбционные характеристики полученного сорбента: массовая доля влаги, насыпная плотность, адсорбционная активность по кристаллическому фиолетовому, нефтепоглощение, плавучесть, а также проведена сравнительная характеристика с аналогами.

**Ключевые слова:** угольные сорбенты, очистка воды, сорбция

**Для цитирования:** Шакирова В. В., Садомцева О. С. Получение угольного сорбента из биомассы отходов хлопчатника Астраханской области и изучение его свойств // Естественные науки. 2023. № 3 (12). С. 20–27. [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2023\\_3\\_20](https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_20).

**PRODUCTION OF COAL SORBENT FROM BIOMASS  
OF COTTON WASTE OF ASTRAKHAN REGION  
AND STUDY OF ITS PROPERTIES**

***Shakirova Victoria V.<sup>1✉</sup>, Sadomtseva Olga S.<sup>2</sup>***

Astrakhan Tatishchev State University, Astrakhan, Russia

<sup>1</sup>svv\_2004@mail.ru<sup>✉</sup>

**Abstract.** Sorbents of natural and artificial origin are used to implement sorption methods of water purification. Coal sorbents are widely used in the field of water, air purification and various sorption processes. They have high efficiency in the sorption of organic substances and heavy metals, and can also be used to purify soils and water from petroleum products. One of the most economical ways to use this method is the use of sorbents obtained from production and consumption waste. Of great interest are multi-tonnage renewable agricultural waste, as a promising raw material for the production of sorption materials. The raw material for the production of such coal sorbents can be waste of plant origin. The paper considers the possibility of using green cotton shoots to produce coal sorbents. The main sorption characteristics of the obtained sorbent have been studied: the mass fraction of moisture, bulk density, adsorption activity in crystal violet, oil absorption, buoyancy, as well as a comparative characteristic with analogues.

**Keywords:** coal sorbents, water purification, sorption

**For citation:** Shakirova V. V., Sadomtseva O. S. Production of coal sorbent from biomass of cotton waste in the Astrakhan region and study of its properties. *Yestestvennyye nauki = Natural Sciences*. 2023; 3 (12): 20–27. [https://doi.org/10.54398/1818507X\\_2023\\_3\\_20](https://doi.org/10.54398/1818507X_2023_3_20).

Активированный уголь — это высокопористый углеродный адсорбент, который получают из различных углеродсодержащих материалов органического происхождения. По сравнению с другими адсорбционными материалами, такими как силикагели, цеолиты, алюмогели, иониты, активированные угли являются уникальными адсорбентами в силу своих гидрофобных свойств. В России, также, как и в мировой практике, наибольшая доля в потреблении активированного угля приходится на водоподготовку как питьевой, так и технической воды. Активный уголь является единственным типом сорбента, имеющего высокую адсорбционную способность при извлечении токсичных органических загрязнений из воды.

По данным [1; 2], мировое потребление активированного угля в 2006 г. оценивалось в 1 млн т. Опережающие темпы роста потребления активных углей характерны для развивающихся стран, в первую очередь, в Азиатском регионе в связи с ростом численности населения, потребности в питьевой воде, а также ростом загрязнения природы. В связи с ужесточением требований по охране окружающей среды и экологической безопасности темпы спроса на активированный уголь увеличиваются.

Характерной особенностью производства активированного угля является разнообразие используемого сырья: древесный и каменный уголь, торф, скорлупа кокосовых орехов, косточки плодовых культур и др. Фактором риска для дальнейшего роста рынка активированного угля является ограниченность ряда сырьевых материалов. Это, в свою очередь, ведет к росту цен на активированный уголь.

Сельскохозяйственные отходы часто привлекают внимание исследователей как потенциальное сырье для производства сорбентов. Большинство отходов сельскохозяйственных и пищевых производств, такие как лузга подсолнечника, гречихи, риса, стебель топинамбура, тростник, являются лигнинсодержащими и относятся к трудноразлагаемым. Имея крайне малую насыпную плотность, лигнинсодержащие отходы занимают большие территории и загрязняют окружающую среду. При попадании в водоем такие

отходы вызывают его эвтрофикацию и заиливание, что может привести к заморным явлениям и обмелению водоемов. В связи с этим необходимо использовать их как вторичные ресурсы, учитывая уникальные адсорбционные свойства [3–6].

Одним из интересных растений с точки зрения адсорбционных свойств является хлопчатник. В качестве сырья для приготовления сорбента используются стебли хлопчатника (гузопая) и коробочки [7].

В Астраханской области компания «Русский хлопок» в настоящее время освоила 10 га, но через два года планирует увеличить площадь под хлопчатник до 300 га. К 2025 г. площадь посадок достигнет 300 га [8].

В ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева» (АГУ им. В. Н. Татищева) выведен новый сорт хлопчатника, который использовали для производства угольного сорбента.

Цель настоящего исследования: получение сорбента из биомассы отходов хлопчатника Астраханской области и изучение его свойств.

Экспериментальное исследование включало в себя:

- получение природного материала на основе биомассы отходов хлопчатника;
- изучение его основных сорбционных характеристик (массовой доли влаги, насыпной плотности, удельной поверхности по кристаллическому фиолетовому, нефтепоглощения, плавучести).

Для получения угольного сорбента была использована биомасса отходов хлопчатника, выращенного в АГУ им. В. Н. Татищева. За основу методики получения был взят ГОСТ [9].

Растительный материал измельчали, прокаливали в муфельной печи при температуре 750–800° С в течение 20–30 мин. Полученный уголь помещали в холодную дистиллированную воду для удаления пыли и водорастворимой золы. Далее измельчали в ступке пестиком и просеивали полученный сорбент через сито.

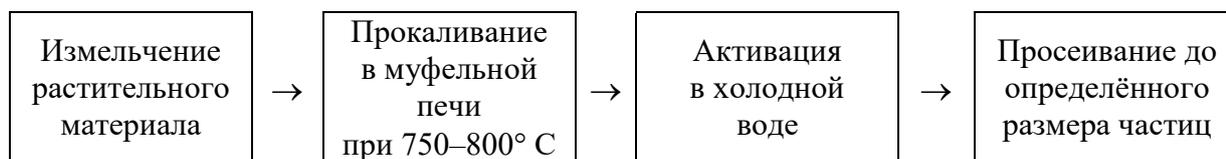


Рисунок 1 — Схема получения угольного сорбента

В ходе экспериментального исследования были изучены основные свойства полученного сорбента: массовая доля влаги, насыпная плотность, удельная поверхность с помощью кристаллического фиолетового [10–12]. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика основных свойств полученного сорбента с аналогами [13]

Свойства	Угольные сорбенты				
	Полученный угольный сорбент	Аналоги			
		Биомасса хлопчатника	Рисовая шелуха	Тростник	Грецкий орех
Влажность, %	2,6	3,5	2,1	11,3	< 5
Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	483,5	441,0	485,5	413,8	< 550
$S_{уд}$ , м <sup>2</sup> /г	586,0	589,2	230,982	237,0	около 1 000

Согласно данным таблицы 1, представляется возможным сделать следующие заключения:

- допустимое значение массовой доли влаги активированного угля не должно превышать 5 %. Показатель, полученного нами сорбента вполне соответствует этому значению (2,6 %).
- значения насыпной плотности нового сорбента лишь немногим уступает показателю активированного угля. Отметим, что показатель насыпной плотности является одним из основных показателей эффективности при выборе сорбента, знание этой характеристики позволит рассчитать объем материала и, соответственно, высоту засыпки сорбента при его применении.
- удельная поверхность сорбента уступает значениям удельной поверхности активированного угля в 1,7 раза.

Нефтепоглощение — это способность сорбента поглощать нефть и нефтепродукты, она может быть выражена как отношение массы поглощенной нефти или нефтепродукта к массе сорбента. Определение нефтеемкости проводили по методике: навеску сорбента 1 г помещали в сетку-ловушку. Сетку с ловушкой погружали в нефтепродукт, выдерживали 20 мин., после чего избытку нефтепродукта дают стечь, а сетку с насыщенным сорбентом взвешивали. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Нефтеёмкость угля рассчитывали по формуле:

$$H = (m_1 - m_0) - m_{сорб},$$

где  $H$  — нефтепоглощение сорбента, г нефти или нефтепродукта / г сорбента;

$m_1$  — масса фильтра с насыщенным сорбентом, г;

$m_0$  — масса фильтра без сорбента, г;

$m_{сорб}$  — масса сорбента до погружения, г.

Исследование сорбционных свойств показало, что предлагаемый сорбент обладает сорбционной способностью около 1 г/г.

Одним из важных показателей нефтяных сорбентов является плавучесть сорбента. Материал с низкой плавучестью может эффективно использоваться в изделиях с армирующей оболочкой: бонах, матах, салфетках и т. п.

Таблица 2 — Значения нефтеёмкости

	Фильтр		Среднее значение	Сравнение с аналогами		
	Бинт	Сито		Активированный уголь	Коры сосны	Шелуха гречихи
<i>H</i> , г/г	0,59	0,54	0,565	≈ 0,57	0,3	3,5

Для определения плавучести навеску сорбента массой ( $m_1$ ) 1 г помещали в стакан, заполненный 50 см<sup>3</sup> воды, и добавляли 1 г нефти. Отслеживались три 1-, 12-, 24-часовых серии.

Оседания частиц в первые 12 ч не наблюдалось (100 % плавучесть), но через 24 ч сорбент начал оседать (80 % плавучесть). Сорбент, с поглощенной нефтью, легко удаляется с поверхности воды, при этом не оставляя маслянистых пятен от нефти.



Рисунок 2 — Изучение плавучести угольного сорбента

Результаты экспериментальных исследований позволяют сделать вывод, что предлагаемый сорбент из отходов переработки возделывания хлопчатника в Астраханской области имеет достаточно высокую сорбционную эффективность и хорошую плавучесть, что поможет при сборе разливов нефти и нефтепродуктов, а также может найти применение при доочистке сточных вод.

Использование отходов агропроизводства в качестве сырья для получения угольных сорбентов в настоящее время является приоритетным [14–15], поскольку открывает перспективы создания новых сорбентов с минимальными затратами на сырье.

#### Список литературы

1. Рынок активированного угля в России 2017–2023 гг. Цифры, тенденции, прогноз. URL: <https://tk-solutions.ru/russia-rynok-aktivirovannogo-uglya>.
2. Обзор рынка активированного угля (анализ/исследование) в России в 2022 году. URL: <https://www.sostav.ru/blogs/32702/33789>.
3. Неманова, Ю. В. Оценка возможности использования растительного сырья в качестве сорбентов компонентов сточных вод / Ю. В. Неманова, И. Г. Стокозенко, Ю. В. Титова // Химия растительного сырья. — 2012. — № 2. — С. 47–50.
4. Бадмаева, С. В. Применение сорбентов, полученных из растительных отходов, для поглощения нефтепродуктов / С. В. Бадмаева, Э. Ц. Дашинамжилова, С. Ц. Ханхасаева // Вестник Бурятского государственного университета. Химия. Физика. — 2018. — № 4. — С. 30–35.

5. Алексеева, А. А. Применение листового опада для удаления пленки нефти с поверхности воды / А. А. Алексеева, С. В. Степанова // Вестник Казанского технологического университета. — 2014. — Т. 17, № 22. — С. 304–306.
6. Спицын, А. А. Сравнение адсорбционной способности углеродных сорбентов из различных растительных предшественников / А. А. Спицын, М. И. Минич, Д. А. Пономарев, Н. И. Богданович // Химия растительного сырья. — 2021. — № 4. — С. 345–350.
7. Айтпаева, А. А. Устойчивое развитие отрасли растениеводства в К(Ф)Х Астраханской области / А. А. Айтпаева, Р. А. Арсланова, А. С. Абакумова. — URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19843> (дата обращения: 13.04.2023).
8. Чуйкова, Л. Ю. Экологическое состояние Астраханской области и пути выхода из предкризисного состояния / Л. Ю. Чуйкова. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sostoyanie-astrahanskoj-oblasti-i-puti-vyhoda-iz-predkrizisnogo-sostoyaniya> (дата обращения: 13.04.2023).
9. Патент RU 2 565 194 С2. Способ получения сорбента на основе углеродного материала. URL: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2\\_20151020](https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2_20151020).
10. Хайитов, Р. Р. Определение физико-химических и адсорбционных характеристик нового активированного угля из косточек урюка / Р. Р. Хайитов, Т. Х. Наубеев, И. Я. Сапашов, Б. А. Хайдаров, Д. Х. Абдикамоллов // Universum: технические науки. — 2017. — № 2 (35). — С. 80–84.
11. Текуева, К. М. Экспериментальная оценка рациональных условий получения активных углей из фрагментов косточек абрикосов и персиков — отходов пищевых предприятий республики Кабардино-Балкария / К. М. Текуева, В. Н. Клушин, О. В. Антипова // Успехи в химии и химической технологии. — 2013. — Т. 27, № 9 (149). — С. 31–34.
12. Броварова, О. В. Исследование физико-химических свойств сорбентов на основе растительного сырья / О. В. Броварова, Л. С. Кочева, А. П. Карманов, И. И. Шуктомова, Н. Г. Рачкова. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-fiziko-himicheskikh-svoystv-sorbentov-na-osnove-rastitelnogo-syrya> (дата обращения: 13.04.2023).
13. Спицын, А. А. Сравнение адсорбционной способности углеродных сорбентов из различных растительных предшественников / А. А. Спицын, М. И. Минич, Д. А. Пономарев, Н. И. Богданович. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnienie-adsorbtsionnoy-sposobnosti-uglerodnyh-sorbentov-iz-razlichnyh-rastitelnyh-predshestvennikov> (дата обращения: 13.04.2023).
14. Myrzaliev, S. K. Effective Sorbents with High Adhesion for Oil Products / S. K. Myrzaliev, A. Kozybayev, N. Zhexenbay // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2016, January – February. — Vol. 7 (1). — P. 229–234.
15. Sagyndykova, B. The development of technology of obtaining sorbent from grape seed meal / B. Sagyndykova, R. Anarbayeva, N. Asylova, Zh. Seitova, A. Issakov, M. Ashirov, N. Rakhymbaev // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. — 2015. — Vol. 7 (3). — P. 858–860.

### References

1. Rynok aktivirovannogo uglya v Rossii 2017–2023 gg. Tsifry, tendentsii, prognoz = Activated carbon market in Russia 2017–2023. Figures, trends, forecast. Available at: <https://tk-solutions.ru/russia-rynok-aktivirovannogo-uglya>.
2. Obzor rynka aktivirovannogo uglya (analiz / issledovanie) v Rossii v 2022 godu = Activated carbon market overview (analysis/research) in Russia in 2022. Available at: <https://www.sostav.ru/blogs/32702/33789>.
3. Nemanova, Yu. V., Stokozenko, I. G., Titova, Yu. V. Otsenka vozmozhnosti ispolzovaniya rastitelnogo syrya v kachestve sorbentov komponentov stochnykh vod. *Khimiya rastitelnogo syrya* = Chemistry of plant materials. 2012; 2: 47–50.
4. Badmaeva, S. V., Dashinamzhilova, Ye. C., Khanhasaeva, S. C. Primenenie sorbentov, poluchennykh iz rastitelnykh otkhodov, dlya pogloshheniya nefteproduktov. *Vestnik Buryatskogo*

*gosudarstvennogo universiteta. Khimiya. Fizika = Bulletin of Buryat State University. Chemistry. Physics.* 2018; 4: 30–35.

5. Alekseeva, A. A., Stepanova, S. V. *Primenenie listovogo opada dlya udaleniya plenki nefti s poverhnosti vody. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Kazan Technological University.* 2014; 17 (22): 304–306.

6. Spitsyn, A. A., Minich, M. I., Ponomarev, D. A., Bogdanovich, N. I. *Sravnenie adsorbtsionnoy sposobnosti uglerodnykh sorbentov iz razlichnykh rastitelnykh predshestvennikov. Khimiya rastitel'nogo syrya = Chemistry of plant materials.* 2021; 4: 345–350.

7. Aytpaeva, A. A., Arslanova, R. A., Abakumova, A. S. *Ustoychivoe razvitie otrasli rasteniyevodstva v K(F)Kh Astrahanskoy oblasti = Sustainable development of the crop production industry in the farming community of the Astrakhan region.* Available at: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=19843> (accessed: 13.04.2023).

8. Chuykova, L. Yu. *Ekologicheskoe sostoyanie Astrahanskoy oblasti i puti vykhoda iz predkrizisnogo sostoyaniya = Ecological state of the Astrakhan region and ways out of the pre-crisis state.* Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologicheskoe-sostoyanie-astrahanskoy-oblasti-i-puti-vyhoda-iz-predkrizisnogo-sostoyaniya> (accessed: 13.04.2023).

9. *Patent RU 2 565 194 C2 Sposob polucheniya sorbenta na osnove uglerodnogo materiala = Patent RU 2 565 194 C2 Method for producing sorbent based on carbon material.* Available at: [https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2\\_20151020](https://yandex.ru/patents/doc/RU2565194C2_20151020).

10. Khayitov, R. R., Naubeev, T. H., Sapashov, I. Ya., Khaydarov, B. A., Abdikamolov, D. Kh. *Opreделение fiziko-khimicheskikh i adsorbtsionnykh kharakteristik novogo aktivirovannogo uglya iz kostochek uryuka. Universum: tehnichestkie nauki = Universum: technical sciences.* 2017; 2 (35): 80–84.

11. Tekueva, K. M., Klushin, V. N., Antipova, O. V. *Eksperimentalnaya otsenka ratsionalnykh usloviy polucheniya aktivnykh ugley iz fragmentov kostochek abrikosov i persikov — othodov pishchevykh predpriyatiy respubliky Kabardino-Balkariya. Uspekhi v khimii i khimicheskoy tehnologii = Advances in chemistry and chemical technology.* 2013; 27, 9(149): 31–34.

12. Brovarova, O. V., Kocheva, L. S., Karmanov, A. P., Shuktomova, I. I., Rachkova, N. G. *Issledovanie fiziko-khimicheskikh svoystv sorbentov na osnove rastitel'nogo syrya = Study of the physicochemical properties of sorbents based on plant raw materials.* Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-fiziko-himicheskikh-svoystv-sorbentov-na-osnove-rastitel'nogo-syrya> (accessed: 13.04.2023).

13. Spitsyn, A. A., Minich, M. I., Ponomarev, D. A., Bogdanovich, N. I. *Sravnenie adsorbtsionnoy sposobnosti uglerodnykh sorbentov iz razlichnykh rastitelnykh predshestvennikov = Comparison of the adsorption capacity of carbon sorbents from various plant precursors.* Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-adsorbtsionnoy-sposobnosti-uglerodnyh-sorbentov-iz-razlichnyh-rastitelnyh-predshestvennikov> (accessed: 13.04.2023).

14. Myrzaliev, S. K., Kozybayev, A., Zhexenbay, N. *Effective Sorbents with High Adhesion for Oil Products. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2016; 7 (1): 229–234.

15. Sagyndykova, B., Anarbayeva, R., Asylova, N., Seitova, Zh., Issakov, A., Ashirov, M., Rakhymbaev, N. *The development of technology of obtaining sorbent from grape seed meal. Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences.* 2015; 7 (3): 858–860.

**Информация об авторах**

Шакирова В. В. — кандидат химических наук, доцент;  
Садомцева О. С. — кандидат химических наук, доцент.

**Information about the authors**

Shakirova V. V. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;  
Sadomtseva O. S. — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor.

**Вклад авторов**

Все авторы сделали эквивалентный вклад в публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors**

All authors have made equivalent contributions to publications. The authors declare that there is no conflict of interest.

Статья поступила в редакцию 11.10.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 19.10.2023.

The article was submitted 11.10.2023; approved after reviewing 16.10.2023; accepted for publication 19.10.2023.