



УДК 661.183.2

## Место активных углей в экологии и экономике, новые технологии их производства

Мухин В.М.<sup>1</sup>, Курилкин А.А.<sup>1</sup>, Воропаева Н.Л.<sup>2</sup>,  
Лексюкова К.В.<sup>1</sup>, Учанов П.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Открытое акционерное общество «Электростальское научно-производственное объединение  
«Неорганика», Электросталь

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рапса Федерального агентства научных организаций», Липецк

<sup>3</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Высшего профессионального образования «Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева», Москва

Поступила в редакцию 16.02.2016 г.

Активные угли – универсальные адсорбенты, позволяющие решать одновременно промышленные и экологические задачи. В России имеются большие залежи каменноугольного сырья (Кузбасс, Восточный Донбасс, Магаданская область), использование которого для производства активных углей позволит повысить промышленный потенциал страны, а также решить ряд экологических проблем. В работе предложены некоторые новые технологии получения активных углей.

**Ключевые слова:** активный уголь, экологические технологии использования активных углей, скорлупа орехов и косточка плодов, антрацит, угольно-пековая композиция.

## A position of active carbons in the ecology and economy, new technologies of their production

Mukhin V.M.<sup>1</sup>, Kurilkin A.A.<sup>1</sup>, Voropaeva N.L.<sup>2</sup>,  
Leksyukova K.V.<sup>1</sup>, Uchanov P.V.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>JSC "ESPE "Neorganika", Elektrostal

<sup>2</sup>FSBSI "All-Russian Scientific-Research Institute of rape of FASO", Lipetsk

<sup>3</sup>FSBEI HPE "D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia", Moscow

At present the application of adsorption technologies based on active carbons is widely developing at all the world. That is followed by three circumstances: firstly, it provides the receiving of the products of high degree of the purity in many productions; secondly, it allows the introduction of high intensified technologies; thirdly, that is the most important, it allows create new products and fields of their application. Their using helps to solve a number of the tasks in the economy, ecology and defense of the country. Total tonnage of active carbons production at the world is 1 million 250 thousand tons at year and its increase is surely 5% at year. At present in Russia one produces less than 3 thousand tons of active carbons at year instead of necessary 70 thousand tons at year and buys up nearly 25 thousand tons from abroad. So, as at the plan of a replacement of import products as at the plan of a speedily development of powers of active carbons production in the country there is very actual to suggest effective technologies of their production based on domestic raw material. By the authors two more progressive technologies of active carbons receiving are developed. They meet the modern requirements of quality of carbon adsorbents.

- The *Technology of DAS* – the producing of active carbons based on anthracite by vapor-gaseous method; allows decrease to the minimum a quantity of technological studies and receive an adsorbent with the high micropores volume to unit of volume –  $0.17 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ .

- The *Technology of UPK* – the producing of active carbons based on coal-tar composition according to the most leading technology at the world with wide fields of their application.

Thus, the fastest organization of new manufactures of active carbons based on domestic coal-measures in Russia will mightily incite to the development of productivity and provide a high quality of environmental protection. That confines oneself to the conception of stable development and creation of high-qualified human life.

**Keywords:** active carbon, ecological technologies of active carbons using, nuts' shell and fruits' stone, anthracite, coal-tar composition.

## Введение

Активные угли (АУ) – это высокопористые твёрдые вещества, полученные на основе углеродсодержащего сырья (каменные угли, древесина, торф и др.), обладающие развитой внутренней поверхностью и имеющие высокие поглощательные характеристики по примесям, находящимся в очищаемых средах (воздух, вода, почва и др.).

В настоящее время применение адсорбционных технологий на основе АУ интенсивно развивается во всем мире, что в значительной степени обусловлено тремя обстоятельствами: во-первых, они обеспечивают получение в целом ряде производств продукции высокой степени чистоты; во-вторых, способствуют внедрению технологий повышенной интенсивности; в-третьих, что особенно важно, позволяют создавать новые продукты и новые сферы их применения. С их помощью решается широкий спектр вопросов в газодобыче и газопереработке, новой энергетике (суперконденсаторы), золотодобыче и переработке руд цветных металлов, медицине и здравоохранении, обороне страны и освоении космоса, одним словом, во всей экономике и России [1].

Прогрессивное увеличение численности населения и интенсивное развитие промышленности выдвинули новые задачи, обусловленные загрязнением биосферы антропогенными выбросами, и ставшими особенно актуальными к середине XX века. В силу своих физико-химических свойств АУ позволяют решать практически весь спектр задач защиты окружающей среды: атмосферы, гидросферы, литосферы и самого человека как главного объекта биосферы. По данным ВОЗ (2002 г.) на здоровье человека влияют следующие факторы: питание и образ жизни (51%); экология (39%); медицина (10%). Поэтому можно сделать вывод, что XXI век это будет век борьбы с экоцидом и ключевая роль в этом будет принадлежать углеадсорбционным технологиям на основе активных углей [2].

## Теоретическая часть

### Роль активных углей в промышленности и экологии

Общий объём производства АУ в мире составляет сегодня 1 млн. 250 тыс. т в год и характеризуется устойчивым ростом 5% годовых. Максимальная производительность по активным углям 4-х основных предприятий СССР достигала 40 тыс. т в год (1989 г.). В настоящее время в РФ производится только 3.0 тыс. т в год на единственном оставшемся заводе. Около 20-25 тыс. т в год закупается импортных АУ (США, Голландия, Франция, Китай и др.). Говоря об уровне экологии и экономики страны, следует обратить внимание на удельное производство

АУ, которое в США, Японии, Западной Европе находится на уровне 0.5 кг/чел. в год. В России в настоящее время этот показатель равен 0.02 кг/чел. в год. Т.е. наша экология, особенно питьевое водоснабжение, в 25 раз хуже мирового уровня. Исходя из вышесказанного, нашей стране нужно производить не менее 70 тыс. тонн активных углей в год для устойчивого развития экономики и создания высокого качества жизни населения [2].

Отсутствие отечественных (и особенно качественных) активных углей приводит к парадоксальным проблемам в таких стратегически важных областях как газопереработка, производство гелия, очистка воздушных выбросов АЭС, гидрометаллургия золота, питьевое водоснабжение, детоксикация почв сельхозугодий и противогазовая техника.

С другой стороны, обеспечение внутреннего рынка отечественными АУ позволит добиться ряда важных изменений в экономике, экологии и качестве жизни людей, в числе которых можно назвать:

- перевод автомобильного транспорта на газонаполненные баллоны не возможен без создания производства высокоплотных ( $0.8-1.0 \text{ г/см}^3$ ) АУ с развитой структурой микропор на единицу объема ( $0.15 \text{ см}^3/\text{см}^3$ );

- создание эффективных электромобилей и систем запуска мощных двигателей и т.д. не возможно без низкозольных ( $< 0.5 \%$  масс.) АУ с развитой структурой микро- и мезопор ( $0.4 \text{ см}^3/\text{г}$  и  $0.4 \text{ см}^3/\text{г}$  соответственно) порошковой формы (сейчас закупаются в Голландии);

- качественные углеродные высокопрочные носители катализаторов для различных отраслей промышленности, в том числе нефтехимии и нефтепереработки;

- гидрометаллургия золота и цветных металлов (особенно при широкомасштабном освоении залежей руд в Сибири) требует качественных АУ в значительном объеме (5-10 тыс. тонн в год), причем при организации выпуска наших сверхактивных порошковых АУ здесь вообще возможны принципиально новые, значительно более экономичные подходы.

Концепция устойчивого развития вообще не может быть реализована на территории РФ без активных углей в связи со значительными загрязнениями воды, почвы и продукции агропромышленного комплекса.

Так, 50 млн. гектаров почв сельхозугодий России, на которых выращивается продукция растениеводства (зерновые, овощи, корма) загрязнены остатками пестицидов выше установленных норм (академик РАСХН Спиридонов Ю.Я.). Только Крайагропром Краснодарского края – региона интенсивного земледелия запросил для нужд агропромышленного комплекса в 1987 г. 25 тыс. т в год активных углей класса «Агросорб» [3]. В то же время введение в загрязнённые корма и комбикорма активных углей типа «Комбисорб» в количестве 0.5-1.0 % масс. позволяет не только убрать ксенобиотики из мяса, но и на 30-40 % сократить затраты корма [4].

Поскольку даже реки Сибири не могут быть безопасными для питья (не говоря уже о Центральной и Южной России) необходимо оснащать водозаборы городов стадией финишной адсорбции на АУ. Для сравнения в Германии это делают даже для сельскохозяйственных районов. Экологические технологии использования АУ приведены в табл. 1.

Производство отечественных АУ высокого качества позволит улучшить качество продукции всех отраслей промышленности, где АУ традиционно находили свое применение (табл. 2).

Таблица 1. Экологические технологии использования активных углей

Составляющая биосферы	Угледсорбционная технология
Атмосфера	Рекуперация растворителей Санитарная очистка отходящих газов, в т.ч. сероочистка Система газоочистки АЭС Улавливание паров бензина, выделяемых автотранспортом Уничтожение химического оружия Уничтожение твёрдых бытовых отходов Очистка воздуха, поступающего в жилые и рабочие помещения (кондиционирование воздуха)
Гидросфера	Очистка питьевой воды Обезвреживание сточных вод Переработка жидких радиоактивных отходов Добыча золота и цветных металлов
Литосфера	Защита почв от ксенобиотиков, в т.ч. пестицидов Ремедиация почв Зоны санитарной охраны водоисточников
Человек	Средства индивидуальной и коллективной защиты фильтрующего типа Производство хим-фарм препаратов, витаминов, антибиотиков Энтеро- и гемосорбция Получение экологически чистой пищи

Таблица 2. Использование активных углей в различных отраслях промышленности

Промышленность или направление использования	Производство
1	2
Химическая	Химических волокон Синтетического каучука Красителей Химических реактивов Йода, брома и их соединений Прочие, в том числе производство пластификаторов
Медицинская	Химических и фармацевтических препаратов Антибиотиков Витаминов Лекарственных средств Прочие
Пищевая	Сахара Масел и жиров Крахмала и патоки Винно-водочных напитков Прочие
Металлургическая	Флотация руд цветных металлов Цветная и черная металлургия
Газо- и нефтеперерабатывающая	Разделение и очистка технологических потоков Пластификаторов
Очистка газовых выбросов	Рекуперация растворителей Технического углерода Очистка газов Очистка газов от ртути

1	2
Очистка сточных вод	Химическое Лесное и целлюлозно-бумажное Очистка возвращаемого конденсата на ТЭЦ Другие отрасли промышленности
Очистка питьевой воды	Водоподготовка
Носители катализаторов	Катализаторов

## Обсуждение результатов

Сегодня самыми высококачественными активными углями, производимыми по наиболее доступным технологиям, являются АУ на основе скорлупы кокосовых орехов. В России аналогом такого сырья является косточка плодов абрикоса и персика («Технология МеКС») [5, 6].

Однако в «Технологии МеКС» имеется один существенный недостаток: нестабильность и периодичность в заготовке исходного сырья.

Этого неудобства лишена «Технология ДАС» – получение активного угля для вышеуказанных задач на основе антрацита. Преимущество АУ на основе антрацита заключается в том, что они имеют высокую сорбционную активность на единицу объёма, что особенно важно для противогазовой техники. Кроме того, антрациты широко представлены на всей территории России: от Ростовской до Магаданской области.

Потенциальные запасы и объёмы этого типа каменноугольного сырья составляют 35 миллиардов тонн. Наибольший интерес представляют антрациты Донецкого бассейна, Кузнецкого бассейна и Магаданской области. Для организации на их основе новых производств активных углей будет потребляться не более 0.01% их запаса в год [7].

Особо важно отметить низкое содержание летучих веществ (3-9%), что позволяет подвергать такой материал непосредственно активации без проведения операций карбонизации и обезлетучивания. Также данный материал отличает малая зольность. Как следствие, технологический процесс изготовления активного угля на основе антрацита включает всего 4 технологические операции: дробление, активация, рассев и затаривание, в то время как производство АУ на каменноугольной основе марки АГ-3 требует 11 операций. Активацию антрацита ведут перегретым водяным паром при температуре 900-950 °С при расходе пара 8-10 кг на 1 кг готового продукта. Характеристики активного угля ДАС, отечественного (АГ-3) и импортного (ВСК-400) аналога приведены в табл. 3.

Из данных таблицы 3 видно, что по своему качеству ДАС находится на уровне АУ из скорлупы кокоса и в 1.5 раза превосходит АГ-3. Это обусловлено тем, что ДАС имеет высокую насыпную плотность, что обеспечивает ему высокий объём микропор на единицу объёма ( $\text{см}^3/\text{см}^3$ ). Так, если измерять адсорбционную активность по йоду в мг/г, то ДАС уступает как АГ-3, так и ВСК-400; однако если мы перейдём к величине  $\text{мг}/\text{см}^3$ , то он превосходит как импортный, так и отечественный аналоги.

Особо следует подчеркнуть то, что технология ДАС – это технология получения АУ широкого спектра применения: во-первых, замена в системах водоснабжения городов песчаных фильтров на фильтры с ДАС существенно улучшит качество питьевой воды и принесёт при этом 150 млрд. рублей экономии бюджетных средств, а, во-вторых, позволит организовать золотодобычу на фабриках Сибири и Дальнего Востока на отечественных АУ без их импорта [8, 9].

Таблица 3. Технические характеристики активных углей

Показатели качества	АГ-3	ДАС на основе антрацита	ВСК-400
1. Насыпная плотность, г/дм <sup>3</sup>	400-500	780	450
2. Прочность при истирании, %	70-75	75.2	92
3. Содержание золы, % масс.	12-15	2.2	2.4
4. Объём микропор:			
- см <sup>3</sup> /г	0.20-0.22	0.22	0.50
- см <sup>3</sup> /см <sup>3</sup>	0.09	0.17	0.22
5. Динамическая активность по бензолу, мин	40-42	53	96
6. Адсорбционная активность по йоду:			
- мг/г	650-670	600	1000
- мг/см <sup>3</sup>	297	468	450

Создание промышленного производства дроблёного активного угля ДАС мощностью 500-1000 т/год целесообразно осуществить в Кузбассе на базе Горловского месторождения, в Восточном Донбассе на базе шахты Обуховская или в Магаданской области на базе Омсукчанского месторождения последующим масштабированием на три завода по 5-10 тыс. т/год.

Более долгий путь с перспективой выпуска нового поколения АУ – это «Технология УПК» (угольно-пековая композиция), заключающаяся в получении дроблёных углей методом брикетирования с использованием в качестве связующего пеков по технологии аналогичной бельгийской «Chemviron Carbon» с выпуском АУ типа «Фильтросорб 100, 200 ... 800» на основе отечественного сырья [10]. Характеристика активного угля УПК приведена в табл. 4.

Таблица 4. Адсорбционные характеристики активных углей на основе брикетированной угольно-пековой композиции

№ п/п	Обгар, %	Прочность, %	Объём пор, см <sup>3</sup> /г		Адсорбционная способность из водных растворов	
			V <sub>ми</sub>	V <sub>Σ</sub>	йода, %	метиленового голубого, мг/г
1 УПК-1	22	94	0.26	0.47	58	129
2 УПК-2	34	92	0.33	0.61	75	163
3 УПК-3	40	90	0.44	0.79	90	204
Зарубежный аналог F-400, США	40	81	0.35	0.60	70	120
Отечественный аналог АГ-3	40	72	0.25	0.80	55	100

Как видно из данных табл. 4, угольно-пековая композиция позволяет существенно повысить прочностные свойства гранул, причём этот показатель остаётся высоким (не менее 90%) даже при больших величинах обгара (34-40%). Благодаря развитию микропористой структуры при активации высокоплотных карбонизатов УПК объём микропор достигает 0.44 см<sup>3</sup>/г, что обеспечивают такому типу угля высокие адсорбционные свойства как по веществам с малым размером молекул (йод), так и с большим размером молекул (метиленовый голубой).

Таким образом, скорейшая организация новых производств АУ по предлагаемым технологиям в Российской Федерации на базе отечественного

(прежде всего, Кузбасса) каменноугольного сырья, безусловно, даст мощный толчок развитию производительных сил и обеспечению высокого качества защиты окружающей среды, что в полной мере укладывается в концепцию устойчивого развития и создания высокого качества жизни людей.

### Заключение

В данной работе показано, что применение новых технологий отечественных активных углей позволяет решать двуединую задачу: во-первых, имея высокие сорбционные показатели, они могут использоваться в разных отраслях промышленности, при этом снижая затраты по сравнению с предыдущими технологиями, во-вторых, учитывается и экологический аспект.

### Список литературы

1. Мухин В.М., Тарасов А.В., Клушин В.Н. Активные угли России. М.: Metallurgy, 2000. 352 с.
2. Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2012. 308 с.
3. Мухин В.М., Спиридонов Ю.Я. // Проблемы экологической безопасности агропромышленного комплекса. Выпуск 4. РАСХН – Минсельхоз РФ, г. Сергиев Посад, 1999. С. 30-38.
4. Мухин В.М. // Сборник трудов научно-практической конференции «Научоёмкие технологии и проекты в интересах инновационного развития Московской области». 30 сентября 2010 г. г. Юбилейный Московской обл. Изд-во ЗАО «ПСМТ», 2010. С. 10-12.
5. ТУ 2568-302-04838763-2007. Уголь активированный МеКС. Технические условия.
6. Мухин В.М. и др. Патент РФ № 2228293, 2004.
7. Учанов П.В. и др. // *Химическая промышленность сегодня*. 2015. № 6. С. 42-47.
8. Мухин В.М. и др. // *Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение*. 2012. № 12. С. 28-35.
9. Мухин В.М., Тарасов А.В., Курилкин А.А., Учанов П.В. // *Научно-производственный и технический журнал «Цветная металлургия»*. 2014. № 4. С. 32-37.
10. Каталог Chemviron Carbon, 2001. 24 с.

### References

1. Mukhin V.M., Tarasov A.V., Klushin V.N., Active carbons of Russia, Moscow, Metallurgy Publ., 2000, 352 p.
2. Mukhin V.M., Klushin V.N., Production and application of carbon adsorbents, Moscow, MUCTR Publ., 2012, 308 p.
3. Mukhin V.M., Spiridonov Yu.Ya., *The problems of ecological security of the agricultural industrial complex. Edition 4. RAAS – Minsel'khoz RF, Sergiev Posad*, 1999, pp. 30-38.
4. Mukhin V.M., Proceedings of the scientific-practical Conference “Science-capacious technologies and projects for the innovation development of Moscow region”. 30 September, 2010. t. Yubileyniy, Moscow region. CJSC “PSMT” Publ., 2010. pp. 10-12.
5. TU 2568-302-04838763-2007. Ugol' aktivirovanniy MeKS. Specifications.
6. Mukhin V.M. et al. Patent RF, No 2228293, 2004.
7. Uchanov P.V. et al., *Chemical industry today*, 2015, No 6, pp. 42-47.
8. Mukhin V.M. et al., *Water purification. Water preparation. Water supply*, 2012, No 12, pp. 28-35.
9. Mukhin V.M., Tarasov A.V., Kurilkin A.A., Uchanov P.V., *Scientific and production and technical journal “Non-ferrous metallurgy”*, 2014, No 4, pp. 32-37.

---

10. Catalogue of Chemviron Carbon, 2001. 24 p.

**Мухин Виктор Михайлович** – д.т.н., профессор, начальник лаборатории активных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика», Электросталь

**Курилкин Александр Александрович** – к.т.н., научный сотрудник лаборатории активных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика», Электросталь

**Воропаева Надежда Леонидовна** – д.х.н., профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ ВНИИ рапа ФАНО, Липецк

**Лексюкова Клавдия Васильевна** – старший лаборант лаборатории активных углей ОАО «ЭНПО «Неорганика», Электросталь

**Учанов Павел Владимирович** – аспирант кафедры биотехнологии и промышленной экологии, ФГБОУ ВПО «РХТУ им. Д.И. Менделеева», Москва

**Mukhin Victor M.** – DTS, professor, head of the laboratory of active carbons, JSC “ESPE “Neorganika”, Elektrostal, E-mail: [info@neorganika.ru](mailto:info@neorganika.ru)

**Kurilkin Alexander A.** – CTS, scientific researcher of the laboratory of active carbons, JSC “ESPE “Neorganika”, Elektrostal

**Voropaeva Nadezhda L.** - DCS, professor, chief scientific researcher, FSBSI “ARSRI of rape of FASO”, Lipetsk

**Leksyukova Klavdiya V.** – senior assistant of the laboratory of active carbons, JSC “ESPE “Neorganika”, Elektrostal

**Uchanov Pavel V.** – aspirant of the chair of biotechnology and industrial ecology, FSBEI HPE “MUCTR”, Moscow