МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ
(МГС)
INTERSTATE COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION
(ISC)

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ
СТАНДАРТ

**ГОСТ
33589—
2015**

УГОЛЬ АКТИВИРОВАННЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ

Стандартный метод прогнозирования адсорбции загрязнений из водных систем с помощью ускоренного испытания на малой колонке

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

Цели, основные принципы и основной порядок проведения работ по межгосударственной стандартизации установлены ГОСТ 1.0—92 «Межгосударственная система стандартизации. Основные положения» и ГОСТ 1.2—2009 «Межгосударственная система стандартизации. Стандарты межгосударственные, правила и рекомендации по межгосударственной стандартизации. Правила разработки, принятия, применения, обновления и отмены»

Сведения о стандарте

1 ПОДГОТОВЛЕН Федеральным государственным унитарным предприятием «Всероссийский научно-исследовательский институт стандартизации материалов и технологий» (ФГУП «ВНИИ СМТ») на основе собственного аутентичного перевода на русский язык стандарта, указанного в пункте 4

2 ВНЕСЕН Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт)

3 ПРИНЯТ Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27 октября 2015 г. № 81-П)

За принятие проголосовали:

Краткое наименование страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Код страны по МК (ИСО 3166) 004—97	Сокращенное наименование национального органа по стандартизации
Беларусь	BY	Госстандарт Республики Беларусь
Казахстан	KZ	Госстандарт Республики Казахстан
Киргизия	KG	Кыргызстандарт
Россия	RU	Росстандарт
Таджикистан	TJ	Таджикстандарт

4 Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17 марта 2016 г. № 176-ст межгосударственный стандарт ГОСТ 33589—2015 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 апреля 2017 г.

5 Настоящий стандарт идентичен стандарту ASTM D6586-03 (Reapproved 2008) Standard Practice for the Prediction of Contaminant Adsorption On GAC In Aqueous Systems Using Rapid Small-Scale Column Tests (Стандартная практика прогнозирования адсорбции загрязнений из водных систем гранулированным активированным углем, используя ускоренный метод на малой колонке).

Стандарт разработан комитетом ASTM D28 «Активированный уголь», и непосредственную ответственность за разработку метода несет подкомитет D28.02 «Оценка жидкой фазы».

Перевод с английского языка (en).

Наименование настоящего стандарта изменено относительно наименования указанного стандарта для приведения в соответствие с ГОСТ 1.5—2001 (подраздел 3.6).

Официальные экземпляры стандарта ASTM, на основе которого подготовлен настоящий межгосударственный стандарт, и стандартов ASTM, на которые даны ссылки, имеются в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов.

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным стандартам приведены в дополнительном приложении ДА.

Степень соответствия — идентичная (IDT)

6 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном информационном указателе «Национальные стандарты», а текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет

© Стандартинформ, 2016

В Российской Федерации настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ

УГОЛЬ АКТИВИРОВАННЫЙ ГРАНУЛИРОВАННЫЙ

Стандартный метод прогнозирования адсорбции загрязнений из водных систем с помощью ускоренного испытания на малой колонке

Granular activated carbon. Standard test method for the prediction of contaminant adsorption in aqueous systems using rapid small-scale column tests

Дата введения — 2017—04—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт устанавливает метод оценки способности гранулированного активированного угля (ГАУ) адсорбировать растворенные в воде загрязняющие вещества (адсорбаты). Метод применяют для оценки адсорбционных свойств свежих и регенерированных активированных углей. Результаты испытаний, проведенные с помощью малой колонки, позволяют прогнозировать адсорбцию в большой колонке и промышленном адсорбере.

1.2 Настоящий метод распространяется на все виды воды, включая искусственно загрязненную воду (приготовленную смешиванием воды высокой степени чистоты с необходимыми веществами), питьевую воду, промышленные и бытовые сточные воды, а также природную воду.

1.3 Настоящий метод может быть использован для определения точки проскока отдельных адсорбатов, растворенных в воде, для определения размера зоны массопереноса адсорбатов (ЗМП) и для оценки нормы расхода ГАУ, используемых в промышленных адсорберах.

1.4 В настоящем стандарте не предусмотрено рассмотрение всех вопросов обеспечения безопасности, связанных с его использованием. Пользователь стандарта несет ответственность за обеспечение соответствующих мер безопасности и охраны здоровья и определяет целесообразность применения законодательных ограничений перед его использованием.

2 Нормативные ссылки

Для применения настоящего стандарта необходимы следующие ссылочные документы. Для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения).

2.1 Стандарты ASTM[1)]

ASTM D 1129 Terminology Relating to Water (Терминология, относящаяся к воде)

ASTM D 1193 Specification for Reagent Water (Спецификация лабораторной воды)

ASTM D 2652 Terminology Relating to Activated Carbon (Терминология, относящаяся к активированному углю)

ASTM D 2854 Test Method for Apparent Density of Activated Carbon (Метод определения кажущейся плотности активированного угля)

ASTM D 2862 Test Method for Particle Size Distribution of Granular Activated Carbon (Метод определения гранулометрического состава гранулированного активированного угля)

ASTM D 2867 Test Methods for Moisture in Activated Carbon (Методы определения влаги в активированном угле)

ASTM E 300 Practice for Sampling Industrial Chemicals (Практика отбора проб промышленных химических продуктов)

[1)] Уточнить ссылки на стандарты ASTM можно на сайте ASTM: gost.e-ecolog.ru лужбе поддержки клиентов ASTM: gost.e-ecolog.ru информационном томе ежегодного сборника стандартов (Annual Book of ASTM Standards) следует обращаться к сводке стандартов ежегодного сборника стандартов на странице сайта.

Издание официальное

3 Термины и определения

3.1 Определения

3.1.1 Определения терминов, относящихся к активированным углям и использованных в настоящем стандарте, приведены по ASTM D 2652.

3.1.2 Определения терминов, касающихся воды и использованных в настоящем стандарте, приведены по ASTM D 1129.

4 Сущность метода

4.1 Сущность метода заключается в определении момента проскока адсорбируемых веществ с целью оценить период, в течение которого можно использовать ГАУ для очистки воды, в которой растворены адсорбируемые вещества. Для этого воду, содержащую адсорбаты, пропускают с постоянной контролируемой скоростью нисходящим потоком через слой гранулированного активированного угля с определенным размером зерен до тех пор, пока на выходе не будет зафиксирована заданная концентрация адсорбата.

4.2 При постоянстве скорости потока через колонку с активированным углем по результатам определения проскока можно оценить размеры и условия работы промышленного адсорбера.

5 Назначение и применение

5.1 Гранулированный активированный уголь обычно используют для очистки загрязненной воды. При неправильном использовании ГАУ он может оказаться не только дорогим, но и не эффективным. Разработка новых конструкций адсорберов часто требует дополнительных затрат времени и средств на создание опытных установок. Настоящий стандарт разработан для того, чтобы по результатам исследований на колонке малого размера можно было быстро смоделировать процессы, протекающие в крупногабаритном адсорбере. По сравнению с опытной установкой исследования на малой колонке, представленные в настоящем стандарте, не учитывают ряд факторов, которые могут повлиять на качество активированного угля при его использовании. К таким факторам относятся, например, повышение адсорбционной способности ГАУ в присутствии бактерий[2)] или отравление активированного угля неорганическими или сопутствующими органическими веществами[3)]. Тем не менее, настоящий метод позволяет получить результаты более оперативно, чем метод построения изотермы адсорбции. Метод не имеет недостатков, присущих исследованиям на опытных установках, таких как продолжительность и большая стоимость, а также, в отличие от исследований на опытных установках, может быть использован в лабораториях на пробах воды, отобранных на месте.

5.2 Настоящий метод, известный под названием «ускоренный метод исследования на малой колонке» (rapid small-scale column test, RSSCT), для моделирования процесса адсорбции использует гидравлическую загрузку колонок и время контакта раствора и адсорбента (empty bed contact time, EBCT). Для моделирования работы больших адсорберов в методе RSSCT используют активированный уголь с зернами среднего диаметра.

5.3 Настоящий метод может быть использован для сравнения эффективности различных активированных углей при очистке одинаковых объемов загрязненной воды.

6 Основы метода

6.1 Развитие метода RSSCT основано на использовании модели диффузии на поверхности пор при контакте с дисперсным потоком (dispersed-flow pore surface diffusion model, DFPSDM) (Криттенден и др.[4)]), которая учитывает различные механизмы процессов, протекающих при адсорбции в неподвижном слое. Учитываемые DFPSDM механизмы, вызывающие растягивание кривой адсорбции (уменьше-

---

[2)] Owen, D.M., Chowdhury, Z.K., Summers, R.S., Hooper, S.M., and Solarik, G., «Determination of Technology and Costs for GAC Treatment Using the ICR Methodology», AWWAGAC & Membrane Workshop, March 1996, Cincinnati, OH.

[3)] Knappe, D., Snoeyink, V., Roche, P., Prados, M. and Bourbigot, M., «The Effect of Preloading on RSSCT Predictions of Atrazine Removal By GAC Adsorbers», *Water Research*, Vol. 31, No. 11, 1997, pp. 2899—2909.

[4)] Crittenden, J. C., Berrigan, J. K., Jr., and Hand, D. W., «Design of rapid small-scale adsorption tests for a constant surface diffusivity», *Journal Water Pollution Control Federation*, Vol. 58, No. 4, pp. 312—319, 1986.

ние крутизны) и возмущение в зоне массопереноса, — это внешнее сопротивление массопереносу или пленочный перенос, аксиальное перемешивание вследствие дисперсии, а также внутреннее сопротивление массопереносу вследствие поверхностной диффузии.

6.2 Для того, чтобы создать модель процесса, протекающего в промышленном адсорбере, нужно обеспечить одинаковую степень адсорбции относительно длины слоя адсорбента (одинаковую крутизну кривой адсорбции) для адсорбера и колонки, используемой методом RSSCT. Это достигается, если относительный вклад различных механизмов, оказывающих наибольшее влияние на адсорбцию, будет сохранен при моделировании. Исследования с использованием модели диффузии на поверхности пор при контакте со сплошным потоком (plug flow pore surface diffusion model, PFPSDM) (см. сноску [4] на с. 2) показали, что равенство крутизны кривой адсорбции может быть достигнуто при равенстве соотношения размеров гранул адсорбента. Если допустить, что коэффициент диффузии не зависит от радиуса гранул активированного угля, т. е. является постоянной величиной, то соотношение параметров процесса в малой и большой колонке вычисляют по формуле

$$\frac{EBCT_{sc}}{EBCT_{lc}} = \left(\frac{R_{sc}}{R_{lc}}\right)^2 = \frac{t_{sc}}{t_{lc}}, \quad (1)$$

где $EBCN_{sc}$ и $EBCN_{lc}$ — время контакта раствора и адсорбента для малой колонки (RSSCT) и большой колонки (промышленного адсорбера) соответственно;

R_{sc} и R_{lc} — радиусы гранул активированного угля в малой и большой колонках соответственно;

t_{sc} и t_{lc} — время, требуемое для проведения испытания в малой и большой колонке соответственно.

Для постоянства коэффициента диффузии необходимо также равенство критериев Рейнольдса для RSSCT и большой колонки. Это означает, что должно быть справедливым следующее уравнение

$$\frac{V_{sc}}{V_{lc}} = \frac{R_{sc}}{R_{lc}}, \quad (2)$$

где V_{sc} и V_{lc} — гидравлическая нагрузка для RSSCT и большой колонки, соответственно.

Руководствуясь приведенными выше уравнениями, выбирают условия испытаний для RSSCT, наиболее точно воспроизводящие условия, установленные для промышленного адсорбера.

Примечание 1 — Из уравнения (2) можно сделать важные выводы[5], которые следует учитывать при проектировании испытаний по RSSCT. Если при испытании значительно снижают напор жидкости, это приводит к критическому увеличению времени прохождения раствора через колонку, так как гранулы активированного угля разрушаются под действием возникающего поперечного давления. Этого можно избежать, если снизить поверхностную скорость настолько, чтобы дисперсия перестала быть доминирующим механизмом массопереноса, а скорость адсорбции определялась взаимодействием между частицами. Критерий Пекле, связанный с диаметром гранул, оценивают следующим образом[6]:

$$Pe_d = 0{,}334 \text{ при } 160 \le Re\ Sc \le 40{,}000. \quad (A)$$

При снижении скорости ниже значения, получаемого из выражения А, аксиальная дисперсия, вызываемая молекулярной диффузией, может стать более значимой в процессе, моделируемом RSSCT, чем в процессе, протекающем в промышленном адсорбере. Следовательно, при снижении скорости в испытаниях RSSCT с целью уменьшить напор, выражение А может быть использовано для определения того момента, когда дисперсия начнет оказывать влияние. Типичные значения *Sc* для воды, содержащей растворимые органические примеси (soluble organic compounds, SOCs), составляют приблизительно 2000, следовательно, критерий Рейнольдса при испытаниях методом RSSCT должен быть более 0,1, а критерий Пекле — около 50 для данной длины зоны массопереноса.

Примечание 2 — Время контакта раствора и адсорбента (EBCT) определяют делением объема слоя адсорбента (дм^3) на скорость потока воды (дм^3/мин). Например, если адсорбер вмещает 20000 дм^3 активированного угля, а скорость потока воды составляет 2500 дм^3/мин, то EBCT равно 20000/2500 или 8,0 мин.

---

[5] Crittenden, J. C., Berrigan, J. K., Jr., Hand, D. W., and Lykins, B. W., Jr. «Design of rapid fixed-bed adsorption tests for non-constant diffusivities», *Journal of Environmental Engineering*, Vol. 113, No. 2, pp. 243—259, 1987.

[6] Fried, J. J., Groundwater Pollution. Elsevier Scientific, Amsterdam, The Netherlands, 1975.

6.3 Предположение постоянства коэффициента диффузии в колонке с активированным углем справедливо не для всех видов очищаемой воды и не для всех типов примесей. Например, это предположение нельзя делать при проведении обесцвечивания воды и при адсорбции крупных молекул, таких как гуминовые и фульвокислоты. Рекомендуется для выбора параметров проектируемой установки RSSCT провести сначала хотя бы одно испытание на опытной колонке, используя подлежащую очистке воду (Криттенден и др.[7]). Сравнение подходов к планированию испытаний для случаев, когда коэффициент диффузии постоянный и пропорциональный, и рассмотрение областей их применения в настоящем стандарте не проводится.

6.4 Объем слоя ГАУ и методы его приготовления являются важными параметрами при планировании испытаний методом RSSCT. Объем слоя адсорбента определяет скорость нагнетания воды и количество воды, требуемое для испытания. Чтобы избежать канального эффекта, минимальный диаметр колонки должен составлять 50 диаметров угольных гранул. В колонках диаметром 10 мм, которые обычно используют в установках RSSCT, используют активированный уголь с размером гранул от 60 до 80 меш. Для получения воспроизводимых результатов необходимо правильно проводить отбор (Практическое руководство ASTM E 300) и подготовку (измельчение, сортировку и промывку) проб адсорбента.

6.5 Зная скорость подачи воды в колонку, время достижения заданного проскока и массу загружаемого адсорбента, рассчитывают массу ГАУ, необходимого для обработки воды. Во время испытания контролируют содержание примесей в обрабатываемой воде и строят кривые адсорбции для каждой отдельной примеси.

7 Ограничения

7.1 Присутствие в воде нерастворимых веществ, таких как масла, жиры, твердые примеси в виде суспензий и жидкие примеси в виде эмульсий, мешает адсорбции растворенных примесей гранулированным активированным углем. Суспендированные твердые примеси в питающем колонку растворе приводят к повышению капельного давления и нарушают работу колонки. Такие примеси должны быть отделены от воды подходящими методами перед поступлением воды в колонку.

7.2 Пузырьки воздуха в воде, питающей колонки, приводят к неправильным результатам. Следует принимать меры для удаления пузырьков из питающей воды.

8 Аппаратура для метода RSSCT

8.1 Аппаратуру для метода RSSCT изготавливают из стекла, политетрафторэтилена (PTFE) или нержавеющей стали, не адсорбирующих органические вещества. Установка, показанная на рисунке 1, состоит из насоса, подающего раствор, входного фильтра, измерителей давления и потока, трех колонок и устройств для сбора и анализа воды.

[7] Crittenden, J. C., Berrigan, J. K., Jr., and Hand, D. W., «Design of rapid small-scale adsorption tests for a constant surface diffusivity», *Journal Water Pollution Control Federation*, Vol. 58, No. 4, pp. 312—319, 1986.

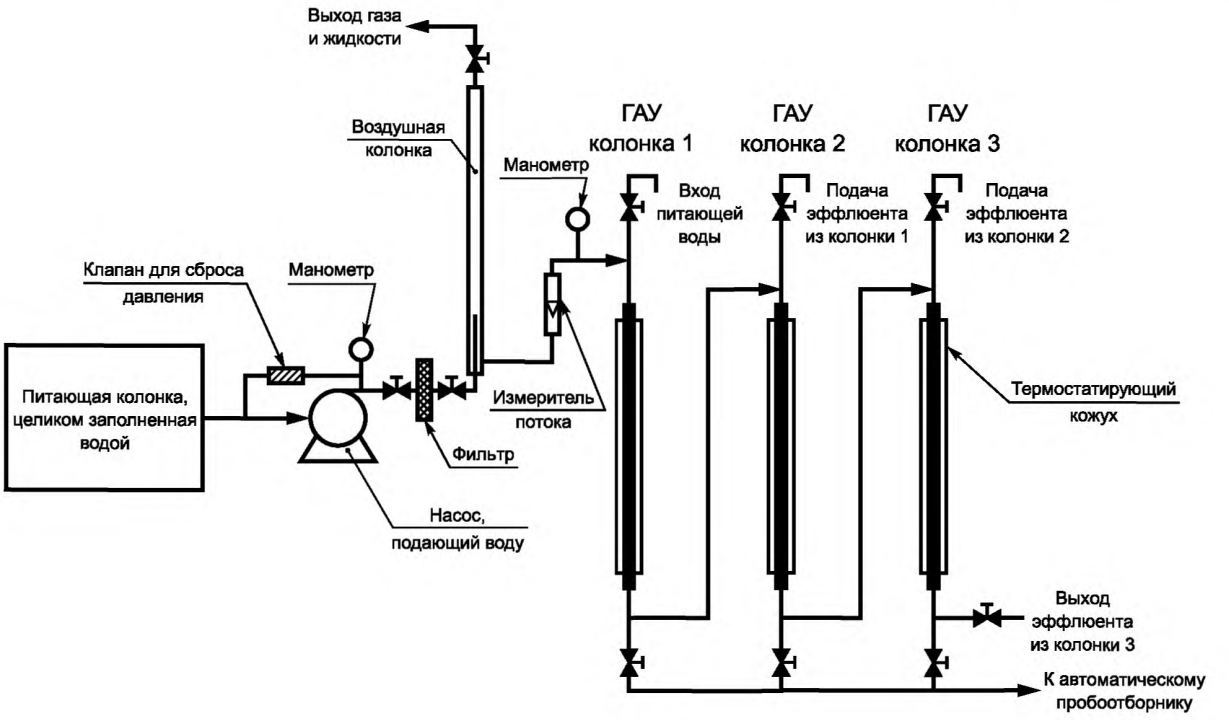

Рисунок 1 — Схема потоков в установке RSSCT из трех колонок

8.1.1 Стеклянные колонки, устанавливаемые вертикально. Чаще всего применяют колонки длиной приблизительно 35 см, внутренним диаметром (10,5 ± 0,5) мм, с резьбовыми соединениями на обоих концах. Верхняя и нижняя трубки колонки, предназначенные для входа и выхода воды, вмонтированы в крышки из PTFE, соединяющиеся с колонкой с помощью резьбы и уплотнительной кольцевой прокладки из неопрена. Для проведения испытаний при температурах, отличных от комнатной, устанавливают приспособления для нагрева или охлаждения колонок и воды, подлежащей очистке.

8.1.2 Опора для ГАУ

Подушка из тонковолокнистой стекловаты, образующая по всему диаметру колонки ровную горизонтальную поверхность, служащая опорой слою ГАУ. Альтернативно, слой гранулированного активированного угля может опираться на сетку из нержавеющей стали (100 меш), расположенную между двумя короткими втулками в виде трубок из PTFE с толщиной стенок 2 дюйма (рисунок 2). Диаметр втулок должен точно соответствовать внутреннему диаметру колонки, чтобы жидкость не просачивалась между втулкой и стенкой колонки.

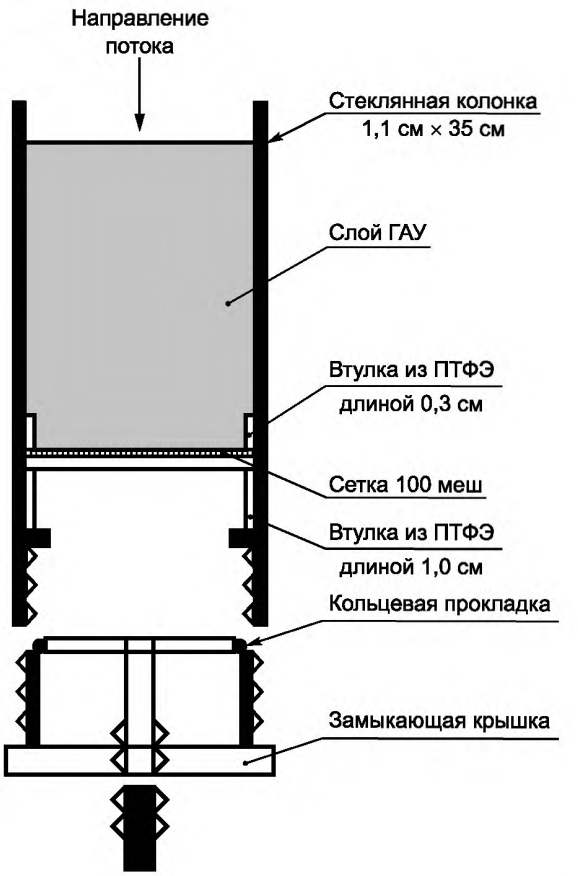

Рисунок 2 — Схема колонки с активированным углем для метода RSSCT

8.1.3 Питающие насосы

Используют жидкостной насос, обеспечивающий устойчивый поток раствора в колонку с отклонениями скорости ±0,05 $см^3$ и обратным давлением не более 100 psi. Для предотвращения повышения давления в колонке при ее закупорке насос должен быть обеспечен байпасной линией, с помощью которой можно было бы после сброса давления перенаправить поток жидкости обратно на вход насоса. Давление на входе колонки и скорость потока воды контролируют и записывают в течение всего испытания.

8.1.4 Фильтрование воды

На выходе из насоса воду очищают от возможных взвешенных твердых частиц. Для этого пригоден фильтр в виде трубки внутренним диаметром 47 мм, заполненной микроволокнами стекловаты диаметром 1,5 мкм, которую устанавливают на пути потока воды для удаления суспендированных твердых частиц и предотвращения засорения слоя активированного угля. Следует принять меры для того, чтобы при фильтровании из воды не удалялись органические вещества, адсорбцию которых исследуют.

8.1.5 Емкость для воды, питающей колонку

Вода, питающая колонку, должна иметь ту же температуру, что и адсорбент в колонках. Если питающая вода содержит летучие органические соединения (volatile organic compounds, VOCs), следует предпринять специальные меры для предотвращения их потери в ходе испытания. Если испытанию подлежит относительно небольшое количество воды и продолжительность испытания невелика, воду можно содержать в баллонах из PTFE или подобного материала, которые изготавливаются промышленностью и обычно используются для отбора проб газов. Вполне пригодны баллоны для отбора проб газа вместимостью до 100 $дм^3$. Если испытанию подвергают большие объемы воды, содержащей летучие органические соединения, то могут быть использованы бочки вместимостью 55 галлонов (примерно 208 $дм^3$) с открытым верхом и вкладышем из мягкого политетрафторэтилена или другого материала, предотвращающего потерю VOC. Мягкий вкладыш соединяют с входным отверстием насоса и, когда насос начинает откачивать воду, вкладыш оседает. Таким образом выполняется требование наличия очень небольшого пустого пространства в верхней части емкости с водой. Если температура воды, подаваемой в колонки, отличается от комнатной и ее надо контролировать, то колонки помещают в кожухи, по которым циркулирует вода, температуру которой регулируют, или помещают емкость с водой, питающей колонки, в помещение с контролируемой и регулируемой температурой.

8.1.6 Система отбора проб

На выходе из колонок регулярно отбирают пробы воды, не допуская при этом попадания воздуха в систему. Отбираемые пробы охлаждают непосредственно при отборе или так скоро, как это возможно, чтобы избежать изменения их состава до анализа. Если анализ проводят не сразу, а спустя некоторое время, то для отбора и сохранения проб используют автоматический пробоотборник, способный отбирать пробы без попадания в них воздуха. При достаточно продолжительном отборе проб, взятые с помощью автоматического пробоотборника пробы сразу помещают в охлаждаемый контейнер. Объем отбираемых проб зависит от применяемого метода анализа. Обычно пробы воды отбирают в пузырьки вместимостью 35 $см^3$ с завинчивающимися крышками, имеющими вкладыши из PTFE. Могут быть отобраны пробы большего объема (до 1 или 2 $дм^3$), но из-за малой скорости потока воды в колонках такие пробы будут давать информацию о довольно продолжительном периоде работы колонок.

8.1.7 Альтернативная система подачи воды в колонки

На рисунке 3 показана альтернативная система подачи питания в колонки для метода RSSCT. Вспомогательный водный раствор с высокой концентрацией исследуемых органических примесей содержат в емкости, как описано в 8.1.5. Этот раствор с помощью насоса подается небольшими порциями и смешивается с питающей водой. Мощности насосов регулируют таким образом, чтобы при смешивании двух подаваемых потоков получалась питающая вода для колонок с требуемой концентрацией примесей, а также достигалась нужная скорость потока в колонках. Подобная система подачи питания позволяет изучать влияние матричного состава воды, а также концентрации различных примесей на способность активированных углей к адсорбции.

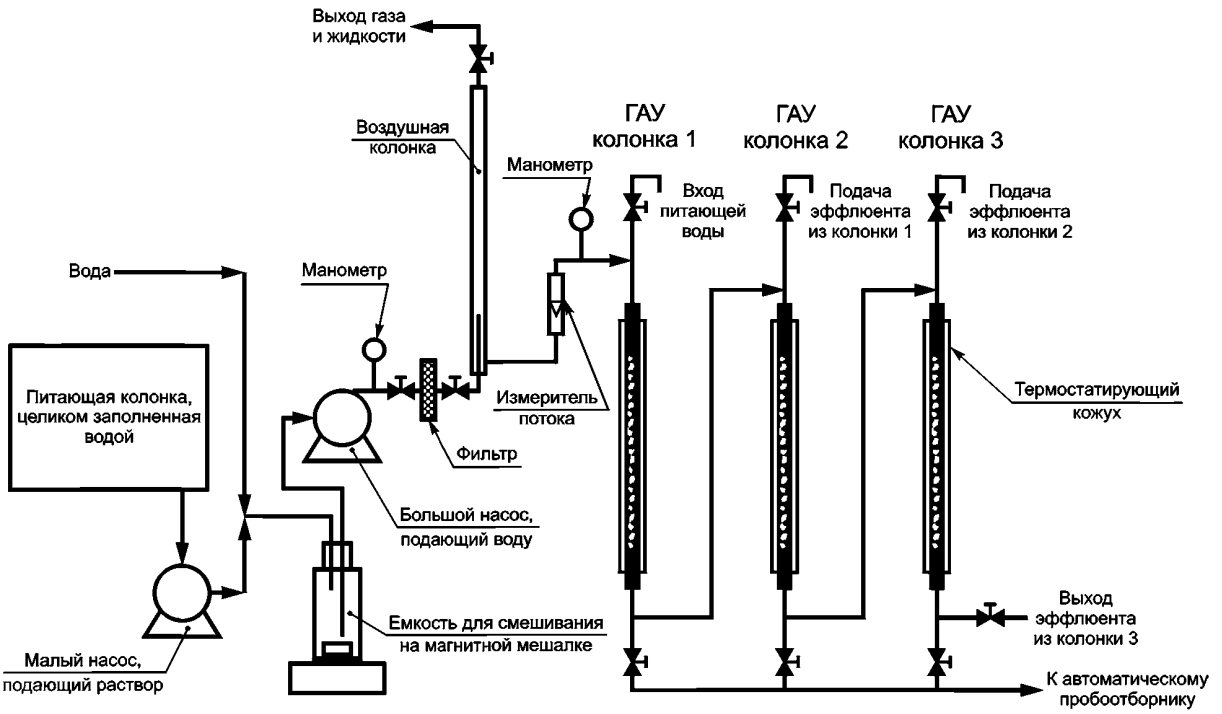

Рисунок 3 — Альтернативная схема потоков в установке RSSCT из трех колонок

8.1.8 Анализ проб

При увеличенной продолжительности испытания пробы, отбираемые автоматическими пробоотборниками, анализируют в обратном порядке, т. е. пробу, отобранную последней, анализируют первой. Если эта проба не показала проскока примеси, то предыдущие пробы можно не анализировать. Если же при анализе последней отобранной пробы зафиксирован проскок, анализируют предыдущие пробы для установления точного времени проскока.

9 Реактивы

9.1 Гранулированный активированный уголь (ГАУ).

9.2 Вода, тип IV по ASTM D 1193.

10 Проведение испытания

10.1 Приготовление пробы активированного угля

Представительную порцию активированного угля, отобранную в соответствии с ASTM E 300, дробят и подвергают рассеву по ASTM D 2862 для выделения фракции, находящейся между ситами 60 и 80 меш. Полученную таким образом пробу тщательно промывают водой до полного удаления пыли и прекращения изменения pH промывной воды. Хорошо промытый активированный уголь сушат при температуре 150 °С в течение 4 ч и до использования хранят в бутыли из желтого стекла.

10.2 Загрузка колонки

В пробе угля, приготовленной для испытания, определяют массовую долю влаги (по ASTM D 2867) и кажущуюся плотность (по ASTM D 2854).

Навеску активированного угля (от 60 до 80 меш), взвешенную с точностью ±0,1 мг, помещают в химический стакан вместимостью 100 $см^3$ (см. примечание 3). Приливают в стакан приблизительно 40 $см^3$ воды (9.2). Содержимое стакана перемешивают, нагревают до кипения и кипятят 10 мин для замещения воздуха, содержащегося в порах, водой. После охлаждения до комнатной температуры взвесь дегазированного угля с водой переливают в колонку так, чтобы при этом в колонке не образовывалось пузырьков воздуха. После загрузки колонки записывают высоту слоя активированного угля.

Примечание 3 — Для определения количества активированного угля, необходимого для загрузки колонки, предварительно рассчитывают его объем, исходя из значения EBCT для малой колонки, моделирующей промышленный адсорбер (по уравнению в 6.2), и скорости потока воды. Умножая объем активированного угля на его кажущуюся плотность, вычисляют массу угля, необходимую для загрузки.

10.3 Скорость потока воды

Скорость питающего потока определяют исходя из времени контакта раствора и адсорбента (EBCT), требуемого для моделирования условий работы промышленного адсорбера. Например, если $EBCT_{lc}$ для промышленного адсорбера равно 10 мин, R_{lc} = 0,0792 см (средний радиус зерен фракции активированного угля между ситами от 8 до 30 меш), а средний радиус зерен активированного угля, используемого в модельной колонке (R_{sc}), равен 0,0106 см (фракция от 60 до 80 меш), то по формуле из 6.2 получаем значение $EBCT_{sc}$, равное 0,179 мин. Средние радиусы обеих фракций активированного угля (от 8 до 30 меш и от 60 до 80 меш) определяют экспериментально, проводя ситовой анализ по ASTM D 2862. Если для моделирования промышленного адсорбера из приведенного примера используют малую колонку объемом 14,13 $см^3$ (диаметр 10 мм, длина 18 см), то в ней следует установить скорость потока воды, равную 78,91 $см^3$/мин (14,13/0,179). Для промышленного адсорбера диаметром 10 футов и скоростью потока воды 260 галлон/мин гидравлическая нагрузка составляет 3,3 галлон/мин/$фут^2$ [260/($\pi \times 10^2/4$)] или 135 $дм^3$/мин/$м^2$. При моделировании работы такого адсорбера методом RSSCT гидравлическая нагрузка малой колонки составит 24,7 галлон/мин/$фут^2$ (3,3 × 0,0792/0,0106) или 1006 $дм^3$/мин/$м^2$. Длина малой колонки составит 18 см (1006 × 0,179 × 0,1), а скорость потока воды — 78,91 $см^3$/мин при диаметре колонки 10 мм [1006/($\pi \times 10^2/4$) × 10^{-3}].

Примечание 4 — Средние радиусы зерен активированного угля фракций от 60 до 80 меш и от 8 до 30 меш необходимо определять экспериментально, поскольку их значения существенно влияют на расчетную величину EBCT. За средний радиус принимают $^1/_2$ среднего размера зерен активированного угля, определенного по ASTM D 2862.

10.4 Проведение испытания на колонке

Очень часто работу колонок начинают с подачи в качестве питания воды высокой степени чистоты. При этом выходят на устойчивый режим работы установки: добиваются отсутствия пузырьков воздуха в колонках и необходимой скорости потока. После установления скорости потока питание колонки переключают на исследуемую воду и приводят в действие автоматическую систему отбора проб (если ее применяют). Периодически отбирают пробы воды на входе и выходе колонок и проводят их анализ на предмет присутствия растворенных примесей. Частота отбора проб зависит от ожидаемой продолжительности испытания и желаемой точности определения проскока. Испытание продолжают до тех пор, пока концентрация примесей на выходе не станет равной концентрации на входе или не достигнет требуемого значения. Если при испытании происходит адсорбция нескольких растворенных примесей, то может быть определена длина зоны массопереноса (mass transfer zone, MTZ) для каждой примеси отдельно. Для определения длины MTZ сначала рассчитывают отношение времени, за которое концентрация данной примеси на выходе изменилась от 5 % до 95 % ее исходной концентрации, ко времени, за которое концентрация примеси на выходе сравнялась с исходной концентрацией. Умножая полученное отношение на длину слоя активированного угля в колонке, выраженную в сантиметрах, получают длину MTZ для данной примеси в сантиметрах.

10.5 Параметры, измеряемые при испытании

При проведении испытания и последующем анализе проб записывают следующие параметры, которые затем используют для прогнозирования процесса адсорбции:

10.5.1 Объем слоя активированного угля.

10.5.2 Массу активированного угля, использованного при испытании.

10.5.3 Скорость потока воды.

10.5.4 EBCT для малой колонки.

10.5.5 Время, через которое произошел заданный проскок каждой примеси.

10.5.6 Время, через которое произошел полный проскок каждой примеси (если его определяли).

11 Обработка результатов

11.1 С помощью параметров, измеренных при испытании, вычисляют:

11.1.1 Время работоспособности адсорбента (RSSCT Bed Life), равное времени, за которое произошел проскок примеси до заданного уровня, выраженное в минутах.

11.1.2 Степень отработанности адсорбента (Treatable Bed Volumes = RSSCT Bed Life/RSSCT EBCT).

11.1.3 Общий объем воды, прошедший через малую колонку до наступления проскока (Total volume of water fed to RSSCT until breakthrough), равный времени работоспособности адсорбента (RSSCT bed life), умноженному на скорость потока воды.

11.1.4 Производительность колонки (Specific Throughput), равную объему воды, прошедшей через колонку до проскока (Total Volume Fed to RSSCT), деленному на массу активированного угля.

11.1.5 Эффективность адсорбента как величину, обратную производительности колонки (Carbon Usage Rate = 1/Specific Throughput).

11.1.6 Длину зоны массопереноса вычисляют по формуле (см. 10.4)

$$\text{Length of MTZ} = \frac{\text{time to 95 \% BT} - \text{time to 5 \% BT}}{\text{time to Full BT}} L, \quad (3)$$

где time to 95 % BT — продолжительность контакта воды с адсорбентом при концентрации примеси на выходе 95 % ее исходной концентрации;

time to 5 % BT — продолжительность контакта воды с адсорбентом при концентрации примеси на выходе 5 % ее исходной концентрации;

time to Full BT — продолжительность контакта воды с адсорбентом при равенстве концентраций на входе и выходе из колонки;

L — длина колонки.

12 Прецизионность и смещение

12.1 Прецизионность настоящего метода ограничивается прецизионностью методов определения концентрации загрязняющих примесей, а также прецизионностью результатов определения времени проскока для каждой примеси.

12.2 Смещение настоящего метода определяется смещениями методов определения концентрации загрязняющих примесей, а также смещением определения времени проскока для каждой примеси.

Приложение ДА
(справочное)

Сведения о соответствии межгосударственных стандартов ссылочным стандартам ASTM

Таблица ДА.1

Обозначение ссылочного стандарта	Степень соответствия	Обозначение и наименование соответствующего межгосударственного стандарта
ASTM D1129	—	*
ASTM D1193	—	*
ASTM D2652	—	*
ASTM D2854	—	*
ASTM D2862	—	*
ASTM D2867	—	*
ASTM E300	—	*
* Соответствующий межгосударственный стандарт отсутствует. До его принятия рекомендуется использовать перевод на русский язык данного стандарта.		

УДК 621.3.035.222.2:543.06:006.354 МКС 75.160.10 IDT

Ключевые слова: активированный уголь, испытание в колонке, гранулированный активированный уголь, RSSCT

Редактор *И.В. Кириленко*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *В.Е. Нестерова*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 29.03.2016. Подписано в печать 05.04.2016. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,40. Тираж 31 экз. Зак. 945.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru