

УДК 628.16.081.32

**Н.А. ГРУН**

аспирант кафедры водоснабжения  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**А.Н. КИМ**

доктор технических наук, профессор кафедры водоснабжения  
Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

**ВОПРОСЫ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ  
МЕТОДОМ ДООЧИСТКИ ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЫ НА ФИЛЬТРАХ  
С БЕРЕЗОВЫМ АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ,  
МОДИФИЦИРОВАННЫМ ФУЛЛЕРЕНАМИ**

*PROBLEMS OF DRINKING WATER SUPPLY AND THE WAYS OF THEIR SOLVING BY TERTIARY TREATMENT  
OF TAP WATER AT FILTERS WITH BIRCH ACTIVATED CARBON MODIFIED BY FULLERENES*

*Проведены экспериментальные исследования, получены расчетные зависимости эффективности доочистки и продолжительности фильтроцикла на фильтрах с березовыми активированными углями, модифицированными фуллеренами.*

**Ключевые слова:** активированный уголь, модифицированный фуллеренами, высота фильтрующей загрузки, время контакта, скорость фильтрования, эффективность очистки, окисляемость, продолжительность фильтроцикла.

Обработка водопроводной воды на фильтрах с активированным углем перед непосредственной подачей к потребителю является одним из наиболее применяемых способов доочистки воды, загрязняемой при транспортировке по трубам, находящимся в неудовлетворительном техническом состоянии. Для повышения сорбционной активности активированных углей применяется их модифицирование фуллеренами, обладающими также бактерицидными свойствами.

В Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (Техническом университете), руководитель работ д.т.н., проф. В.В. Самонин, разработана технология введения фуллеренов в исходные активированные угли, позволяющая получить модифицированный активированный уголь (АУМ). В Санкт-Петербургском государственном архитектурно-строительном университете, руководитель работ д.т.н., проф. А.Н. Ким, проведены исследования возможности и эффективности практического применения АУМ для доочистки водо-

*The experimental research is made and calculated dependences of tertiary treatment on filter-cycle's duration at filters with birch activated carbon modified by fullerenes are got.*

**Key words:** activated carbon modified by fullerenes, the level of filter media, contact duration, filtration rate, filtration effectiveness, oxidation, filter-cycle's duration.

проводной воды. Исследования [1-3] подтвердили нестабильное качество водопроводной воды и необходимость ее доочистки и показали, что наиболее эффективно модифицирование фуллеренами березовых активированных углей (АУМбер). Также в результате исследований выявлена высокая эффективность использования АУМбер для доочистки водопроводной воды, превышающая эффективность доочистки на исходных углях до 30 % по цветности, содержанию железа и окисляемости.

Результаты, полученные при проведении фильтроциклов по обработке исходной водопроводной воды АУМ<sup>бер</sup>, позволили определить осредненные показатели эффекта очистки воды по окисляемости при высоте фильтрующего слоя 320 мм и скорости фильтрования 2,5 м/ч. Эффективность очистки определялась по формуле

$$\text{Эоч} = 100 (\text{Сисх} - \text{Соч}) / \text{Сисх}, \%$$

где Эоч – эффективность очистки нормируемого вещества; Сисх – концентрация вещества перед подачей на фильтрующую колонку; Соч – концентра-

ция вещества после обработки на фильтрующую колонку.

На основании полученных данных по методу экспертных оценок определен также эффект очистки исходной воды по окисляемости при различной высоте фильтрующего слоя и различных скоростях

фильтрации. Полученные данные представлены графически на рис. 1.

Так как грязевые нагрузки исходной обрабатываемой воды невелики, для проведения очистки модифицированными фуллеренами активированными углями достаточно время контакта воды с сорбентом

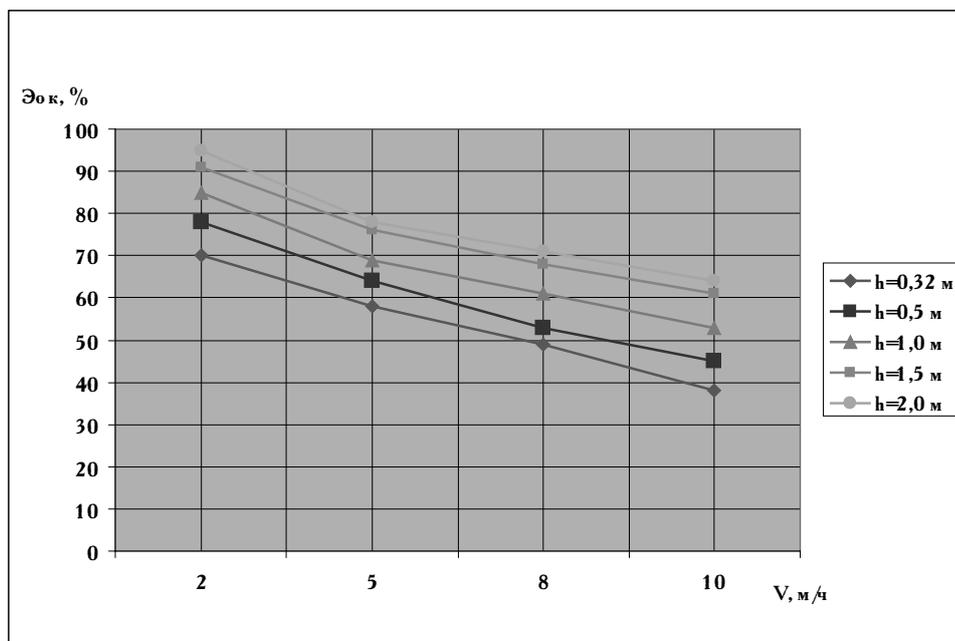


Рис. 1. Эффект очистки исходной воды по окисляемости на АУМбер при различной высоте фильтрующей загрузки и скорости фильтрации

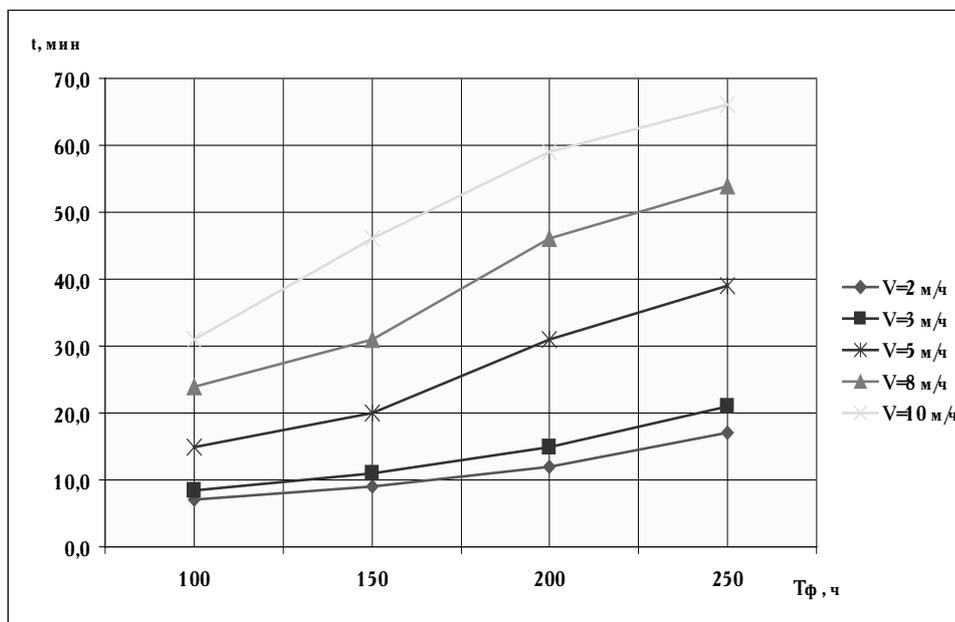


Рис. 2. Продолжительность фильтроцикла при обработке исходной воды АУМбер при различной скорости фильтрации и времени контакта воды с АУМбер: Тф – продолжительность фильтроцикла

меньшее, чем принятое в традиционной фильтрационной обработке воды. При этом эффективное время работы модифицированного фуллеренами активированного угля определяется предъявляемыми требованиями к качеству обработанной воды. На рис. 2 представлены полученные по методу экспертных оценок зависимости продолжительности фильтроцикла от скорости фильтрования и время контакта обрабатываемой воды с модифицированным фуллеренами активированным углем.

Выбор аналитического выражения функций зависимостей технологических параметров доочистки

водопроводной воды на фильтрах с активированным углем, модифицированным фуллеренами, производился в стандартном пакете Excel-2010 построением линий тренда и выбором вида функций (линейная; логарифмическая; полиномиальная 2-й степени; полиномиальная 3-й степени; степенная; экспоненциальная). Под трендом понимается закономерная, неслучайная составляющая временного ряда, являющаяся некоторой функцией достаточно простого вида, описывающая «среднее поведение» ряда или процесса. В качестве математического критерия наилучшего вида и количественного значения коэффи-

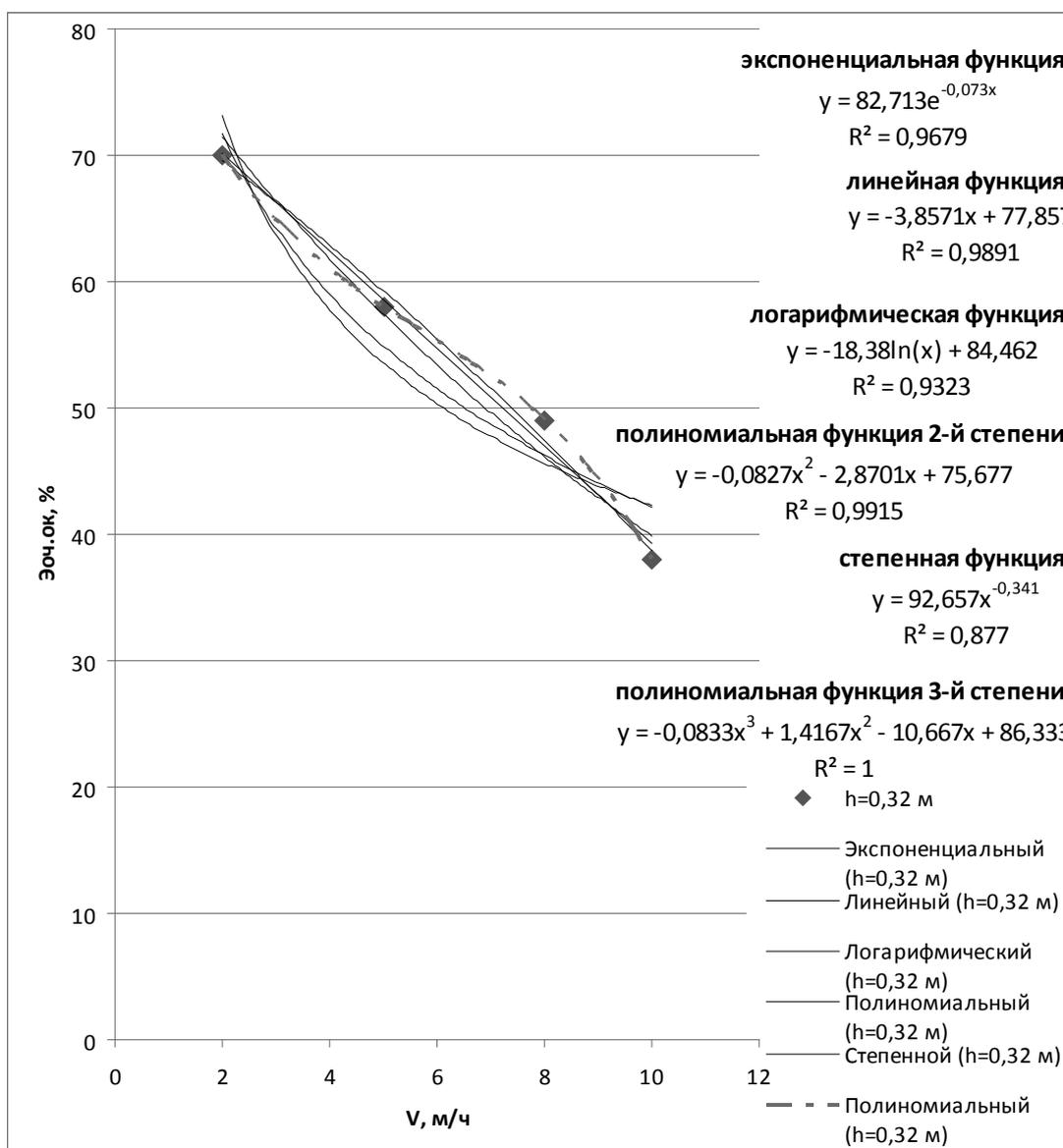


Рис. 3. Линии тренда зависимости эффекта очистки воды по окисляемости на модифицированных фуллеренами активированных углях от скорости фильтрования и при высоте фильтрующей загрузки  $h=0,32$  м при различных видах функций

циентов использовался коэффициент детерминации ( $R^2$ ).  $R^2$  определяется как единица минус доля необъяснённой дисперсии (дисперсии случайной ошибки модели, или условной по факторам дисперсии зависимой переменной) в дисперсии зависимой переменной. Соответственно, чем ближе значение коэффициента детерминации к 1, тем сильнее зависимость, что интерпретируется как соответствие модели данным. Модели с коэффициентом детерминации выше 80% признаются достаточно хорошими. Значение коэф-

фициента детерминации 1 означает функциональную зависимость между переменными.

На рис. 3 в графическом виде представлены линии тренда зависимости эффекта очистки воды по окисляемости на АУМбер от скорости фильтрования при высоте фильтрующей загрузки  $h=0,32$  м при различных видах функций. Также на рис. 3 указаны функциональные зависимости и соответствующие им коэффициенты детерминации. Расчеты показали, что для полиномиальной функции 3-й степени  $R^2=1$ .

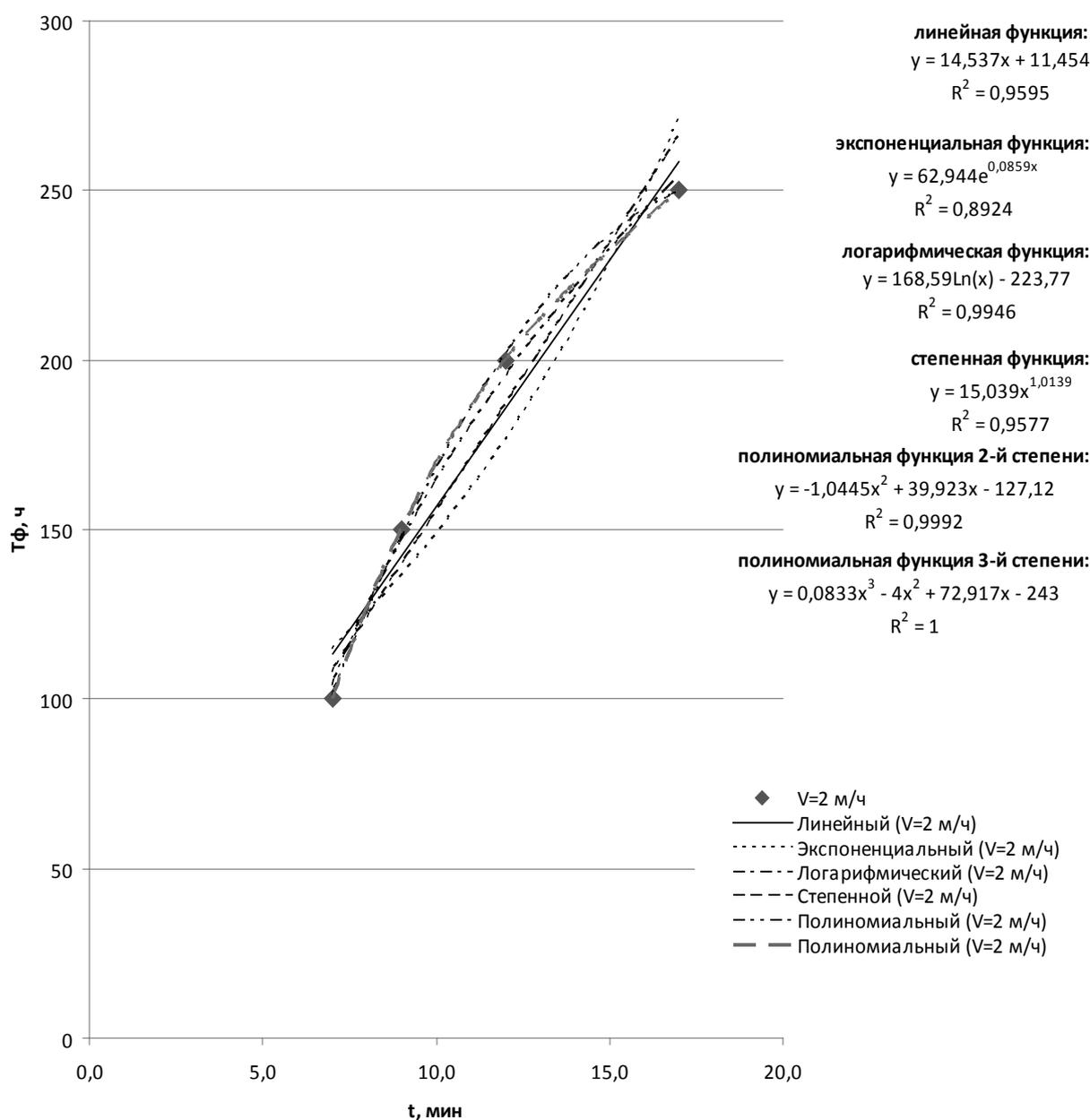


Рис. 4. Линии тренда зависимости продолжительности фильтроцикла от времени контакта обрабатываемой воды с модифицированным фуллеренами активированным углем при скорости фильтрования  $V=2$  м/ч при различных видах функций

Получено, что зависимость эффекта очистки исходной воды по окисляемости на АУМбер при различной высоте фильтрующей загрузки и скорости фильтрации выражается следующим образом:

$$y = -0,0833x^3 + 1,4167x^2 - 10,667x + 86,333$$

(для  $h=0,32$  м);

$$y = -0,0292x^3 + 0,6042x^2 - 7,7583x + 91,333$$

(для  $h=0,50$  м);

$$y = -0,0889x^3 + 1,7778x^2 - 14,311x + 107,22$$

(для  $h=1,00$  м);

$$y = -0,0694x^3 + 1,4306x^2 - 12,306x + 110,44$$

(для  $h=1,50$  м);

$$y = -0,0986x^3 + 2,0347x^2 - 16,064x + 119,78$$

(для  $h=2,00$  м),

где  $y$  – эффект очистки по окисляемости на АУМбер, %;  $x$  – скорость фильтрации, м/ч.

На рис. 4 в графическом виде представлены линии тренда зависимости продолжительности фильтроцикла от времени контакта обрабатываемой воды с модифицированным фуллеренами активированным углем при скорости фильтрации  $V=2$  м/ч при различных видах функций. Также на рис. 4 указаны функциональные зависимости и соответствующие им коэффициенты детерминации. Расчеты показали, что для скоростей фильтрации 2 м/ч; 3 м/ч; 8 м/ч полиномиальной функции 3-й степени  $R^2=1$ . Для скоростей фильтрации 10 м/ч полиномиальной функции 2-й степени  $R^2=1$ .

В результате было определено, что зависимость продолжительности фильтроцикла от скорости фильтрации и времени контакта обрабатываемой воды с АУМбер выражается следующим образом:

$$y = 0,0833x^3 - 4x^2 + 72,917x - 243 \text{ (для } V=2 \text{ м/ч);}$$

$$y = 0,059x^3 - 3,1885x^2 + 65,264x - 260,6$$

(для  $V=3$  м/ч);

$$y = 0,0179x^3 - 1,5251x^2 + 46,782x - 319,14$$

(для  $V=5$  м/ч);

$$y = 0,01x^3 - 1,1831x^2 + 49,404x - 542,47$$

(для  $V=8$  м/ч);

$$y = 0,0042x^3 - 0,551x^2 + 26,911x - 329,43$$

(для  $V=10$  м/ч),

где  $y$  – продолжительность фильтроцикла на АУМбер, ч;  $x$  – время контакта обрабатываемой воды с АУМбер, мин.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Грун, Н.А. Исследование активированного угля, модифицированного фуллеренами, применяемого для кондиционирования водопроводной воды [Текст] / Н.А. Грун, А.Н. Ким // Вестник гражданских инженеров. - СПбГАСУ, 2010. - № 2(23). - С. 146-150.
2. Ким, А.Н. Проблемы кондиционирования водопроводной воды, пути их решения [Текст] / А.Н. Ким, Н.А. Грун // Сборник материалов IV международного семинара «Методы повышения ресурса городских инженерных инфраструктур» ХГТУСА. – Харьков, 2010. – С. 264-270.
3. Самонин, В.В. Модифицирование активных углей фуллеренами и их исследование в процессах сорбция-регенерация [Текст] / В.В. Самонин, А.Н. Ким, Н.А. Грун // Известия СПб ГТУ(ТИ). - 2010. - №8(34). - С. 77-80.

© Грун Н.А., Ким А.Н., 2013