

# **ВОДА**

## **ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ**



**5/2008**

# ВОДА

## ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ

ВСЕРОССИЙСКИЙ  
научно-практический журнал

5 • 2008

### Главный редактор:

**Кулов Н.Н.**

д.т.н., проф., заместитель председателя Научного совета РАН по научным основам химической технологии, вице-президент Российского химического общества им. Д.И. Менделеева

### Заместитель главного редактора:

**Мельников И.О.**

к.х.н., заведующий сектором прикладной экологии воды Института общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН

### Выпускающий редактор:

к.б.н., ст.н.с. **Шаги-Мухаметова Ф.Ф.**

### Редакционная коллегия:

д.х.н., проф. **Артемов А.В.;**

д.т.н., проф. **Барзов А.А.;**

к.х.н., проф. **Беренгартен М.Г.;**

к.х.н. **Бусыгина Н.С.;**

к.х.н., доц. **Глубоков Ю.М.;**

к.х.н. **Елинсон И.С.;**

проф. **Кролли О.А.;**

к.х.н. **Куцева Н.К.;**

д.т.н., проф. **Самонин В.В.;**

к.б.н., ст.н.с. **Стукачева Е.А.**

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере массовых коммуникаций, связи и охраны культурного наследия. Свидетельство о регистрации СМИ ПИ №ФС77-31640 от 10.04.2008 г.

АДРЕС ДЛЯ ПИСЕМ:

117049, г. Москва, ул. Крымский вал, д. 8

ТЕЛ./факс: (495) 648-6241

E-MAIL:

editor@watchemec.ru

(по вопросам публикации статей),

market@watchemec.ru

(по вопросам размещения рекламы и подписки),

info@watchemec.ru

(по общим вопросам)

За достоверность сведений, указанных в рекламных объявлениях, ответственность несут рекламодатели. Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов. При перепечатке ссылка на журнал «ВОДА: Химия и экология» обязательна.

Отпечатано в типографии ЗАО «Корпорация Знак».

Тираж 3000 экз.

© ООО Издательство «Креативная экономика», 2008.

Дизайн и компьютерная верстка – Егоров Г.Д., Столбова М.С.  
Фото – Вадим Богданов

## СОДЕРЖАНИЕ

### Вопросы экологии

#### 2 Б.М. Малашенков ♦

Оценка частного природно-ресурсного потенциала донных природных комплексов северного региона Каспийского моря

### Технологии промышленной и бытовой очистки вод

#### 10 А.И. Пронин, В.А. Диков, И.А. Балахин, Д.А. Баранов, М.Г. Лагуткин, М.Ф. Хахимов, Р.Н. Яруллин ♦

Опыт и возможности применения гидроциклонов для разделения волокнистых суспензий

#### 18 Л.П. Михайлова, В.А. Саломатин, Н.Ф. Соболева ♦

Бытовые угольно-цеолитовые фильтры в системе питьевого водоснабжения. Оценка качества воды

#### 23 Обзор патентов

### Гидробиология

#### 26 В.Д. Пономарева, Е.С. Пшенникова, А.Г. Мальгин ♦

Диоксид углерода усиливает цитотоксическое действие серебра на бактерии E.coli

### Приборы и оборудование

#### 29 Е.О. Пучков, Ю.И. Ласуков ♦

Компьютерный анализатор колоний микроорганизмов КОМПАНКОЛ-М1

### Short communications

#### 34 И.М. Пискарев, Н.А. Аристова ♦

Очистка воды от ионов меди при озонировании методом осаждения

#### 38 Э.А. Рафаилова, А.В. Шишкин, Д.И. Таазетдинова, Ф.К. Алимова ♦

Первые находки Trichoderma asperellum в периодической затопляемой зоне острова Большой Мансур в районе Куйбышевского водохранилища

#### 42 Анонс конференций

#### 46 Правила оформления статей для публикации в журнале «ВОДА: ХИМИЯ И ЭКОЛОГИЯ»

# БЫТОВЫЕ угольно-цеолитовые ФИЛЬТРЫ В СИСТЕМЕ ПИТЬЕВОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

## Оценка качества воды\*

**В статье представлены результаты исследования качества питьевой воды методом биоиндикации на клеточной культуре человека. Объекты исследования – вода из системы централизованного водоснабжения и водопроводная вода, пропущенная через бытовой угольно-цеолитовый фильтр. Приведены результаты исследования сохранности биологического качества питьевой воды на временных отрезках 48, 72 и 144 ч. Показано, что угольно-цеолитовые фильтры не только очищают воду от токсичных примесей, но и доводят ее до уровня, когда она становится активна для роста клеточной культуры и существенно повышает жизнеспособность клеточного монослоя (по сравнению с контрольной культурой и исходной водопроводной водой). Обсуждаются особенности и преимущества метода биоиндикации.**

### Введение

**В** последние годы в прессе широко обсуждается российский потребительский рынок бытовых водоочистительных фильтров [1]. В данной статье объектом исследования являются бытовые угольно-цеолитовые фильтры (производитель – ООО «Сибирь-Цео», г. Новосибирск). При этом особое внимание уделяется проблеме оценки качества питьевой воды с точки зрения биологической полноценности.

Известно, что на долю питьевого потребления расходуется около 5÷6% общего водопотребления [2]. Безопасность питьевой воды централизованного водоснабжения на сегодняшний день оценивается в соответствии с требованиями, предъявляемыми СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества».

\* Исследования проводились на базе лаборатории морфологии клеточных культур ГУ НЦКЭМ СО РАМН в 2004-2006 г.г.

**Л.П. Михайлова**,  
д.м.н., ст.н.с.  
лаборатории  
морфологии  
клеточных культур,  
ГУ «Научный центр  
клинической  
и экспериментальной  
медицины СО РАМН»  
(ГУ НЦКЭМ СО РАМН),  
г.Новосибирск

**В.А. Саломатин**,  
к.т.н., директор  
производственного  
предприятия  
ООО «Сибирь-Цео»,  
г.Новосибирск

**Н.Ф. Соболева\***,  
гл.технолог  
производственного  
предприятия  
ООО «Сибирь-Цео»,  
г.Новосибирск

На современных станциях водоподготовки вода проходит многоступенчатую систему очистки, после чего поступает в разводящую сеть. Однако наряду с этим существует серьезная проблема изношенности трубопроводов и, как следствие, риска вторичного загрязнения воды. Для населения одним из наиболее простых и доступных способов удаления вредных примесей, попавших в водопроводную воду в результате вторичного загрязнения, является использование бытовых фильтров. Учитывая текущую ситуацию с водоснабжением в России, доочистка питьевой воды с помощью бытовых фильтров, на наш взгляд, должна рассматриваться как необходимый и равноправный элемент современной схемы водоподготовки, ни в коей мере не заменяющий другие элементы и не конкурирующий с ними, а дополняющий традиционную схему питьевого водоснабжения [3,4].

Объектом проведенного исследования являлась вода из источника централизованного водоснабжения, доочищенная с использованием угольно-цеолитовых фильтров (ООО «Сибирь-Цео», г. Новосибирск). По химической природе цеолиты представляют собой алюмосиликаты. Их структура содержит пустоты, занятые крупными ионами и молекулами воды, что обеспечивает возможность ионного обмена и обратимой дегидратации. Наличие у цеолитов ионообменных свойств также объясняется тем, что суммарный отрицательный заряд атомов кислорода не полностью скомпенсирован суммарным положительным зарядом атомов кремния и алюминия, и вследствие этого кристаллическая решётка несёт в себе избыточный отрицательный заряд. Примечательной особенностью цеолитов является существование системы пустот и каналов в их структуре, которые могут составлять до 50% от общего объёма цеолита, что обуславливает его ценность как сорбента. Входные отверстия

\* Адрес для корреспонденции: N.Soboleva@siberia-zeo.ru

из каналов в полости цеолитов, образованные кольцами из атомов кислорода, – наиболее узкие места каналов. Формой и размерами этих окон определяются величины ионов и молекул, которые могут проникнуть в полости, на чём и основано применение цеолитов в качестве молекулярных сит. Цеолиты характеризуются высокой ионообменной селективностью к радиоактивным элементам, сорбционной способностью к тяжёлым металлам, фенолу, аммонийному азоту и др. Это и многое другое определяет всё более возрастающий интерес к цеолитам на протяжении последних десятилетий со стороны специалистов, работающих в области водоподготовки.

## Результаты и их обсуждение

### Результаты химического анализа воды

**Х**имическое загрязнение питьевой воды, за исключением аварийных ситуаций, оказывает влияние на здоровье потребителей при хроническом воздействии ее на организм на протяжении длительного периода времени. Например, в крови у подростков, употреблявших в течение 11–15 лет водопроводную воду с водозабором из реки Тотьма, наблюдалось уменьшение содержания лейкоцитов, гликогена в цитоплазме нейтрофилов и витамина С, что может расцениваться как развитие патологической реакции в ответ на хроническую интоксикацию организма [5].

Результаты многолетних исследований и испытаний угольно-цеолитовых фильтров «Арго» и «Водолей» на модельных растворах и на реальной воде, регулярно проводимые совместно с Испытательной лабораторией Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека «Федеральное государственное учреждение здравоохранения



«Центр гигиены и эпидемиологии в Новосибирской области», свидетельствуют, что эффективность очистки от железа составляет 92% (с 2,8 до 0,22 мг/л), нефтепродуктов – 92% (с 0,99 до 0,075 мг/л), свинца – 63% (с 0,32 до 0,12 мг/л), пестицидов: ДДТ – 87% (с 0,015 до 0,002 мг/л), 2,4-Д – 68% (с 0,280 до 0,090 мг/л), бензолу – 92,7% (с 0,0590 до 0,0043 мг/л).

Отдельные результаты санитарно-гигиенических исследований водопроводной воды и воды, доочищенной с помощью угольно-цеолитовых фильтров, приведены в *табл. 1*.

### Метод биоиндикации

Несмотря на высокую эффективность очистки воды тем или иным устройством, в на-

**Таблица 1**

Результаты санитарно-гигиенических исследований воды, доочищенной угольно-цеолитовым фильтром (скважинная вода)

Наименование показателей	Единицы измерений	ПДК (СанПиН 2.1.4.1074-01)	Результаты исследований		
			Водопроводный кран	Вода после фильтра	Эффективность очистки, %
Запах	баллы	2	3	0	100
Привкус	баллы	2	3	0	100
Цветность	град	20	30,3	12,3	59
Мутность	мг/л (по каолину)	1,5	5,2	<0,5	100
Железо	мг/л	0,3	0,615	0,02	96,7
Марганец	мг/л	0,1	0,52	0,028	94,6

стоящее время всё более актуальным становится не только требование безопасности, но и полезности воды, в частности, ее биологической пригодности (или ценности).

Оценить биологическую пригодность воды для удовлетворения питьевых потребностей человека можно по степени выраженности и особенностям ответа биологической системы (человек, экспериментальные животные, клеточные культуры). В этом случае биологическая система является индикатором. Таким образом, биоиндикация – это обнаружение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Всё это относится в полной мере ко всем видам антропогенных нагрузок: от экологических и фармакологических средств до психоэнергетического воздействия, как на клетку, так и на человека.

Основными преимуществами метода биоиндикации с использованием клеточных культур являются:

- ♦ возможность быстрого получения результатов и возможность прижизненного наблю-

**Таблица 2**

Результаты биомониторинга на клеточной культуре НЕР-2

Проба	Показатель	Временные интервалы		
		48 часов	72 часа	144 часа
Контрольная культура	SP	76,1±0,8	75,8±0,7	77,2±0,6
	МА, %	0,6	0,7	0,7
	Белок, мг/л	51,2	51,3	51,3
Вода водопроводная	SP	68,3±0,5	57,6±0,6	49,6±0,4
	МА, %	0,4	0,3	0,3
	Белок, мг/л	47,1	44,2	43,1
Водопроводная вода, пропущенная через угольно-цеолитовый фильтр «Арго»	SP	90,5±0,9	93,6±1,1	96,3±1,1
	МА, %	1,1	1,2	1,3
	Белок, мг/л	69,3	71,7	70,3

дения за моделью в течение всего эксперимента;

- ♦ высокая корреляция результатов *in vitro* и *in vivo*.

Проведение исследований методами биоиндикации, в частности, с использованием клеточных культур, является чрезвычайно важным в понимании механизмов влияния на биологические системы комплекса факторов, каждый из которых по отдельности обладает в большей или меньшей степени биотропным свойством. Этот метод делает возможным проведение оценки суммарного действия токсикантов, содержащихся в воде в количествах ниже ПДК.

#### *Результаты исследований методом биоиндикации*

Чтобы показать морфологическую картину воздействия воды на клеточную культуру, нами было проведено исследование на клеточном уровне. Клеточный монослой считается одним из наиболее информативных тестов для выяснения нарушения митотического деления клеток. Митоз является основным способом воспроизводства себе подобных, который обеспечивает получение генетически равноценных популяций и указывает на жизнеспособность клеточного монослоя. Клеточная культура применялась нами как экспресс-метод определения качества воды и проведения биомониторинга в течение нескольких суток для определения свойств воды. Объектами исследования были выбраны: водопроводная вода из системы централизованного водоснабжения и водопроводная вода, профильтрованная через угольно-цеолитовый фильтр. Целью исследования являлось определение пригоднос-



ти тестируемых объектов к использованию в качестве питьевой воды, их активности для повышения жизнеспособности клеток, а также сравнительный анализ отфильтрованной и водопроводной воды с точки зрения воздействия на клеточную культуру. Пробы водопроводной воды отбирали из водопроводной сети г. Новосибирска в Советском районе.

В проведенном исследовании изучались активирующие свойства – плотность роста клеточной культуры (SP), митотическая активность клеточного монослоя (МА, %) – деление клеток, токсичность, определение синтеза общего белка выросшего клеточного монослоя.

Исследования проводились на клеточной культуре НЕР-2, рекомендованной Всемирной организацией здравоохранения. После формирования клеточного монослоя культуральную среду заменяли на питательную среду, содержащую исследуемую воду (водопроводную воду или воду, профильтрованную через угольно-цеолитовый фильтр). Контролем служил монослой клеток культивируемый на питательной среде без добавления тестируемой воды. Образцы для морфологического анализа отбирали на 48, 72 и 144 часах и проводили подсчет общего количества клеток и митотической активности. Для количественного определения общего белка применяли метод Нахласа. Результаты исследований приведены в *табл. 2*.

#### *Анализ результатов биомониторинга и выводы*

Было показано, что для водопроводной воды по сравнению с контрольной культурой характерно:

- ♦ понижение на всех временных интервалах значений плотности роста клеточной культуры (на 10-36%) и угнетение митотической активности (на 33-57%);

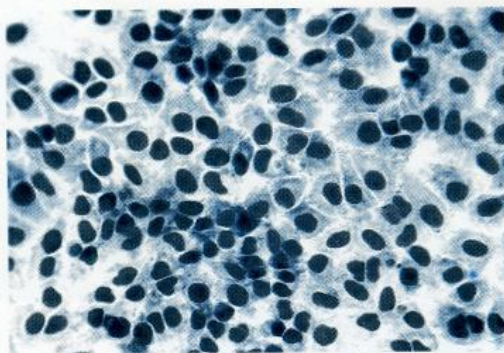
- ♦ снижение количества белка (на 8-16%), что свидетельствует о снижении жизнеспособности клеточного монослоя.

Для водопроводной воды, пропущенной через угольно-цеолитовый фильтр «Арго», по сравнению с исходной водой из-под крана, характерно:

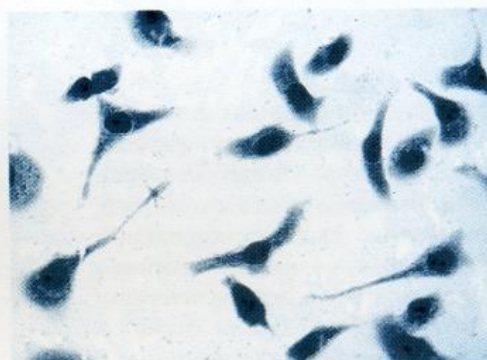
- ♦ повышение роста клеточной культуры (на 32-94%) и митотической активности клеточного монослоя (в 1,75–3 раза);

- ♦ повышение количества белка (на 47-62%), что свидетельствует о повышении жизнеспособности клеточного монослоя. Клеточный монослой плотный, здоровый, прозрачная цитоплазма, крупные ядра.

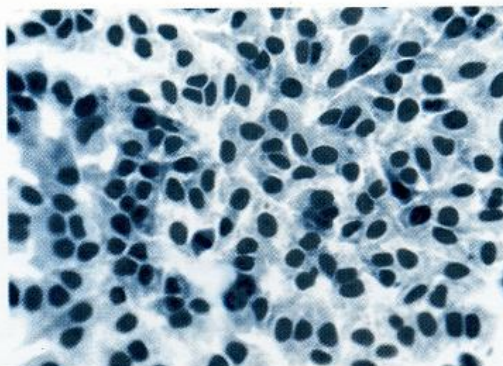
Полученные результаты позволяют утверждать, что угольно-цеолитовые фильтры про-



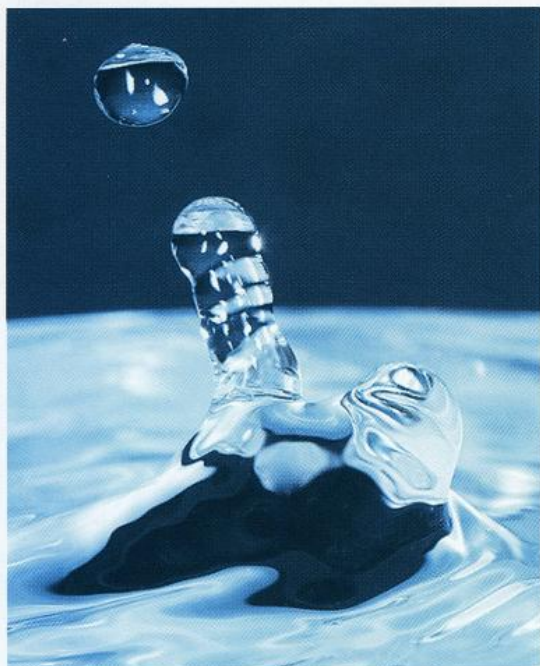
**Рис. 1.** Контрольная культура (6 сут.).  
Густой монослой.  
Местами клетки расположены многослойно.  
Монослой живой, здоровый.  
Встречаются митозы.  
Увеличение  $\times 400$ .



**Рис. 2.** Клеточный монослой на водопроводной воде (6 сут.).  
Единичные клетки измененной формы с погибающими ядрами.  
Монослой нежизнеспособен.  
Увеличение  $\times 400$ .



**Рис. 3.** Клеточный монослой на воде, доочищенной угольно-цеолитовым фильтром (6 сут.).  
Густой монослой.  
Клетки плотно прилегают друг к другу.  
Монослой живой, хорошо растущий.  
Митозы. Митотическая активность высокая (см. табл.3).  
Высокие значения синтеза белка по сравнению с контрольной культурой. Синтез белка высок – 70,3 %  
Увеличение  $\times 400$ .



изводства ООО «Сибирь-Цео» доводят воду до уровня, когда она становится активна для роста клеточной культуры и существенно повышают жизнеспособность клеточного монослоя по сравнению с водопроводной водой (понятие «активная вода» рассматривается в [6]). Вода после угольно-цеолитового фильтра не токсична.

Проведённый в течение 6 суток биомониторинг (рис. 1, 2, 3) показал, что вода, пропущенная через фильтр, не только сохранила свои свойства доброкачественной питьевой воды, но и повысила свою активность: монослой блестящий, здоровый, количество клеток и деление увеличилось, что подтверждается возросшим количеством общего белка (табл. 2).

## Заключение

**В** проведенных исследованиях методом биоиндикации была изучена биологическая пригодность тестируемой воды для жизнедеятельности клеток.

Было показано, что возможности метода биоиндикации на клеточной культуре приемлемы для исследования качества воды, пропущенной через фильтры с различными композициями наполнителей.

## Литература

1. Проблема выбора и эксплуатации бытовых водоочистных фильтров // Вода: Технология и Экология. 2008. №2, С. 12-20.
2. Алексеев А.И., Алексеев А.А. (2007). Химия воды. Санкт-Петербург: «Химиздат», С. 56.
3. Миклашевский Н.В., Королькова С.В. Системы очистки и бытовые фильтры. Чистая вода, Дюссельдорф, Киев, Москва, Санкт-Петербург: «Арлит», 2000. С. 121-122.
4. Михайлова Л.П., Саломатин В.А., Соболева Н.Ф. Бытовые угольно-цеолитовые фильтры в системе питьевого водоснабжения. Сборник статей и докладов, представленных на IX Международный симпозиум «Чистая вода России – 2007». 2007. С. 304-306.
5. Волкотруб Л.П., Егоров И.М. Питьевая вода Томска. Гигиенический аспект. Томск: «Издательство научно-технической литературы». 2003. С. 53-54, 81-82.
6. Вода – космическое явление. Под ред. Рахманина Ю.А., Кондратова В.К. 2002. М.: РАЕН.

L.P. Mikhailova, V.A. Salomatina, N.F. Soboleva

## USE OF DOMESTIC COAL-ZEOLITE FILTERS IN POTABLE WATER TREATMENT SYSTEMS. WATER ASSAY

**T**he authors compiled results on potable water assay using bioindicator technique involving human cell culture. Among the samples studied there were water from the central water supply network and tap water treated by a domestic coal-

zeolite filter. The results on duration for the potable water to meet biological quality standard are given for the time lines of 48, 72 and 144 hours. It was shown that coal-zeolite filters not only treat water from toxic contaminants, but also bring it to the level where it

supports the growth of cell culture significantly improving the viability of the cell monolayer (compared with control culture, or the initial tap water). Peculiarity and advantages of using bioindicator approach are discussed.