

# РЕЗУЛЬТАТЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ, ДООЧИЩЕННОЙ УГОЛЬНО-ЦЕОЛИТОВЫМИ ФИЛЬТРАМИ

Михайлова Л.П.

НЦ клинической и экспериментальной медицины Сибирского отделения РАМН, Новосибирск, Россия

Саломатин В.А., Соболева Н.Ф.

ООО «Сибирь-Цео», Новосибирск, Россия

## Введение

В современных городских условиях вода подвергается очистке на городских очистных сооружениях после чего поступает в разводящую сеть. Перед Россией в XXI веке встала серьезная проблема: высокая степень изношенности трубопроводов разводящих сетей и, как следствие, вторичное загрязнение предварительно очищенной воды. Для населения одним из наиболее простых и доступных способов избавиться от вторичного загрязнения водопроводной воды является использование бытовых фильтров.

Гигиеническое значение устройств доочистки воды вообще и бытовых фильтров в частности состоит в том, что они не только нейтрализуют воздействие неблагоприятных факторов на качество питьевой воды, но и улучшают его. Доочистка питьевой воды с помощью бытовых фильтров на сегодняшний день должна рассматриваться как необходимый и равноправный элемент современной схемы питьевого водоснабжения, ни в коей мере не замещающий другие элементы и не конкурирующий с ними, а дополняющий традиционную схему питьевого водоснабжения.

Ниже пойдет речь о воде, доочищенной угольно-цеолитовыми фильтрами производства ООО «Сибирь-Цео», г.Новосибирск.

По химической структуре цеолиты – это алюмосиликаты. Их скелетная структура содержит пустоты, занятые крупными ионами и молекулами воды, что приводит к ионному обмену и обратимой дегидратации. Кристаллическая решётка цеолитов сформирована тетраэдрами, в центрах которых находятся атомы кремния и алюминия, а в вершинах – атомы кислорода. Суммарный отрицательный заряд атомов кислорода не скомпенсирован суммарным положительным зарядом атомов кремния и алюминия, поэтому кристаллическая решётка несёт в себе избыточный отрицательный заряд. Это приводит к тому, что во внутренних полостях цеолитов содержится много катионов, в основном щелочных и щелочноземельных металлов, которые могут заменять друг друга. Таким образом, цеолиты обладают свойством ионообменника. Примечательной особенностью цеолитов является наличие системы пустот и каналов в их структуре, которые могут составлять до 50% от общего объёма цеолита, что обуславливает его ценность как сорбента. Входные отверстия 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 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 химического анализа воды

ООО «Сибирь-Цео» в течение 10 лет выпускает бытовые угольно-цеолитовые фильтры для очистки воды. Результаты исследований и испытаний фильтров на модельных растворах, 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 по железу составляет 92% (с 2,8 мг/л до 0,22 мг/л), нефтепродуктов – 92% (с 0,99 мг/л до 0,075 мг/л), по свинцу – 63% (с 0,32 мг/л до 0,12 мг/л), по пестицидам: ДДТ – 87% (с 0,015 мг/л до 0,002 мг/л), 2,4-Д – 68% (с 0,280 мг/л до 0,090 мг/л), бензолу – 92,7% (с 0,0590 мг/л до 0,0043 мг/л).

Отдельные результаты санитарно-гигиенических исследований водопроводной воды и воды, доочищенной с помощью угольно-цеолитовых фильтров, приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Результаты санитарно-гигиенических исследований воды, доочищенной угольно-цеолитовыми фильтрами (водопроводная вода).

Наименование показателей	Единицы измерений	ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01	Результаты исследований	
			Водопроводный кран	Вода после фильтра
Запах	баллы	2	3	0
Привкус	баллы	2	3	0
Цветность	град	20	30,3	12,3
Мутность	мг/л	1,5	5,2	<0,5
Железо	мг/л	0,3	0,615	0,02

Марганец	мг/л	0,1	0,52	0,028
----------	------	-----	------	-------

Таблица 2. Результаты санитарно-гигиенических исследований воды, доочищенной угольно-цеолитовыми фильтрами (модельный раствор).

Наименование показателей	Единицы измерений	ПДК СанПиН 2.1.4.1074-01	Результаты исследований	
			Модельный раствор	Вода после фильтра
Бензол	мг/л	0,01 <sup>к)</sup>	0,059	0,0043

#### Метод биоиндикации

Тем не менее, несмотря на высокую эффективность очистки воды тем или иным устройством, в настоящее время всё более актуальным становится не только требование безопасности, но и полезности воды, в частности, биологической пригодности (или ценности) воды.

Оценить биологическую пригодность воды для удовлетворения питьевых потребностей человека (когда, по существу, мы имеем дело с воздействиями, суммирующимися между собой по неаддитивному принципу) можно по степени выраженности и особенностям ответа биологической системы (человек, экспериментальные животные, клеточные культуры). В этом случае биологическая система (человек и/или клетка) является индикатором такого сложного и непрогнозируемого взаимодействия. Следовательно, в условиях многофакторной экологии, на наш взгляд, должна быть изменена сама парадигма, лежащая в основе понимания механизма взаимодействия организма с комплексом средовых факторов. Решить эту проблему в настоящее время какими-либо приборными методами (например, опираясь на результаты химического анализа) не представляется возможным. Именно поэтому и приходится применять различные методы биологической индикации (далее – биоиндикации).

Биоиндикация – это обнаружение биологически значимых антропогенных нагрузок на основе реакции на них живых организмов и их сообществ. Все 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.

Преимущество биоиндикаторов состоит в том, что механизм обменных процессов у них близок к человеку, и здесь возможны корреляции. Следует подчеркнуть, что метод биоиндикации с использованием клеточных культур с успехом может заменить опыты на лабораторных животных по нижеследующим причинам.

Возможность быстрого получения результатов и возможность прижизненного наблюдения за моделью в течение всего эксперимента.

Высокая корреляция результатов *in vitro* и *in vivo*.

Полученные клеточные линии сохраняют высокую видовую, органную и тканевую специфичность в течение всего эксперимента, что позволяет проводить на них практически все эксперименты.

Ниже приведены результаты исследований методом биоиндикации водопроводной воды и той же воды, профильтрованной через угольно-цеолитовый фильтр производства ООО «Сибирь-Цео».

Результаты исследований методом биоиндикации

Чтобы показать морфологическую картину воздействия воды на клеточную культуру, нами было проведено исследование на клеточном уровне. Клеточная культура применялась нами как экспресс метод определения качества воды и проведения биомониторинга в течение нескольких суток для определения свойств воды, а именно: исследование водопроводной воды и водопроводной воды, профильтрованной через угольно-цеолитовый фильтр, для определения ее пригодности в качестве питьевой воды и ее активности для повышения жизнеспособности клеток; сравнительный анализ отфильтрованной и водопроводной воды с точки зрения воздействия на клеточную культуру.

С этой целью изучались активирующие свойства - плотность роста клеточной культуры (SP), митотическая активность клеточного монослоя (МА%), общий белок.

Методика исследований проб – стандартная. Исследования проводились на клеточной культуре НЕР–2. После формирования клеточного монослоя культуральная среда заменялась на питательную среду, содержащую исследуемую воду (водопроводную воду или воду, профильтрованную через угольно-цеолитовый фильтр). Контролем служила клеточная культура без дополнения воды. Готовились морфологические препараты на 48, 72 и 144 часа по общепринятой методике. Проводился подсчет общего количества клеток и митотической активности. Для определения общего белка применялась методика по Нахласу.

Пробы водопроводной воды отобраны из водопроводной сети г. Новосибирска в Советском районе.

Результаты исследований приведены в табл. 3.

Таблица 3. Результаты биомониторинга на клеточной культуре человека.

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	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

Анализ результатов биомониторинга и выводы:

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, 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 производства 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 [4]). Вода после угольно-цеолитового фильтра не токсична для клеточной культуры и рекомендована в качестве питьевой.

Проведённый в течение 6 суток биомониторинг показал, что вода, пропущенная через фильтр, не только сохранила свои свойства доброкачественной питьевой воды, но повысила свою активность: монослой блестящий, здоровый (см. фото 1, фото 2, фото 3), количество клеток и деление увеличилось, что видно из таблицы и по возросшим цифрам общего белка.

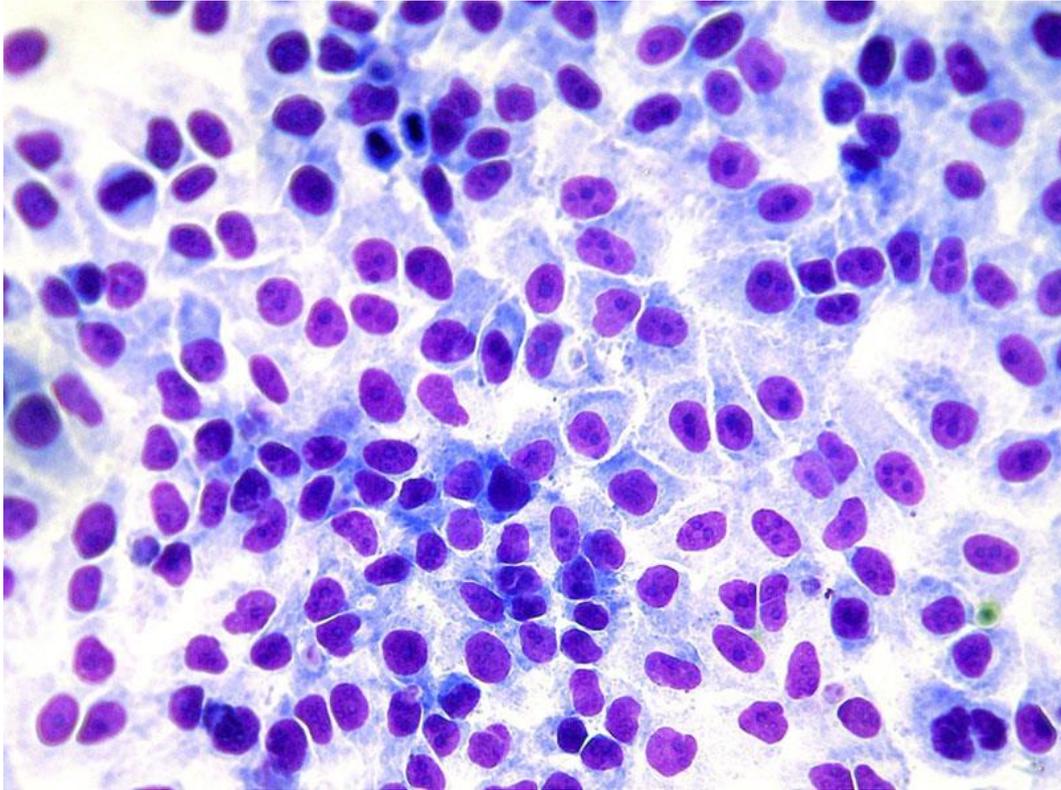


Фото 1. Контрольная культура (6 сут.).

Густой монослой.  
Местами клетки расположены многослойно.  
Монослой живой, здоровый.  
Встречаются митозы.  
Увеличение X 400.

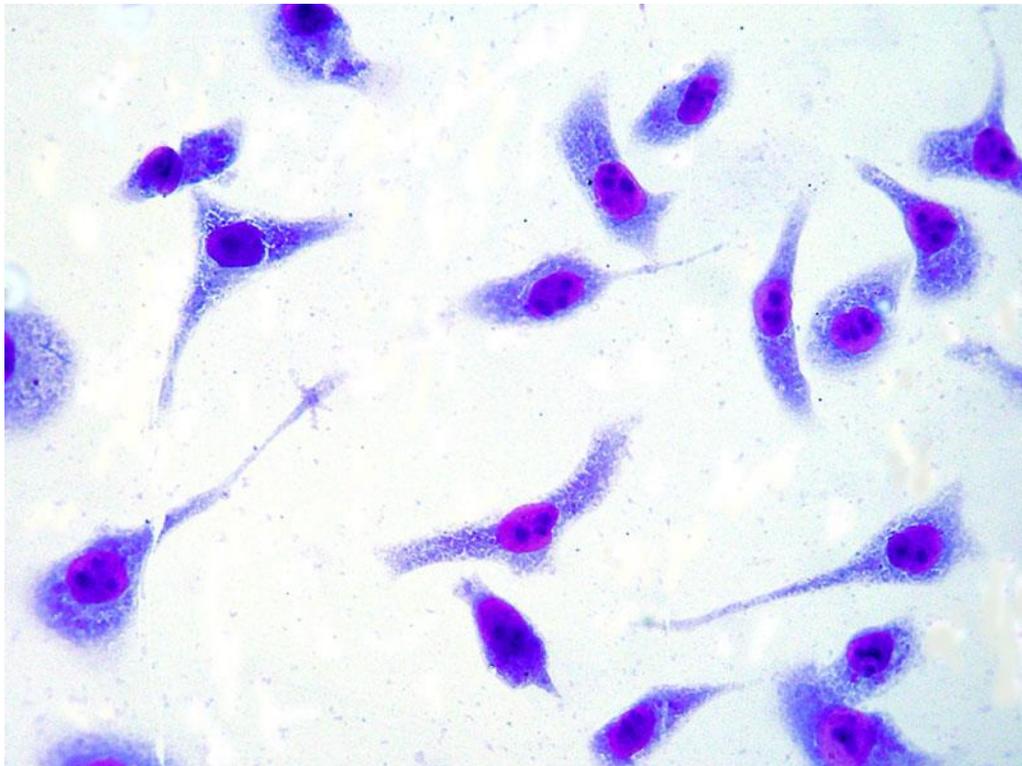


Фото 2. Клеточный монослой на водопроводной воде (6 сут.).

Единичные клетки измененной формы с погибающими ядрами. Монослой нежизнеспособен – погибает.

Увеличение X 400.

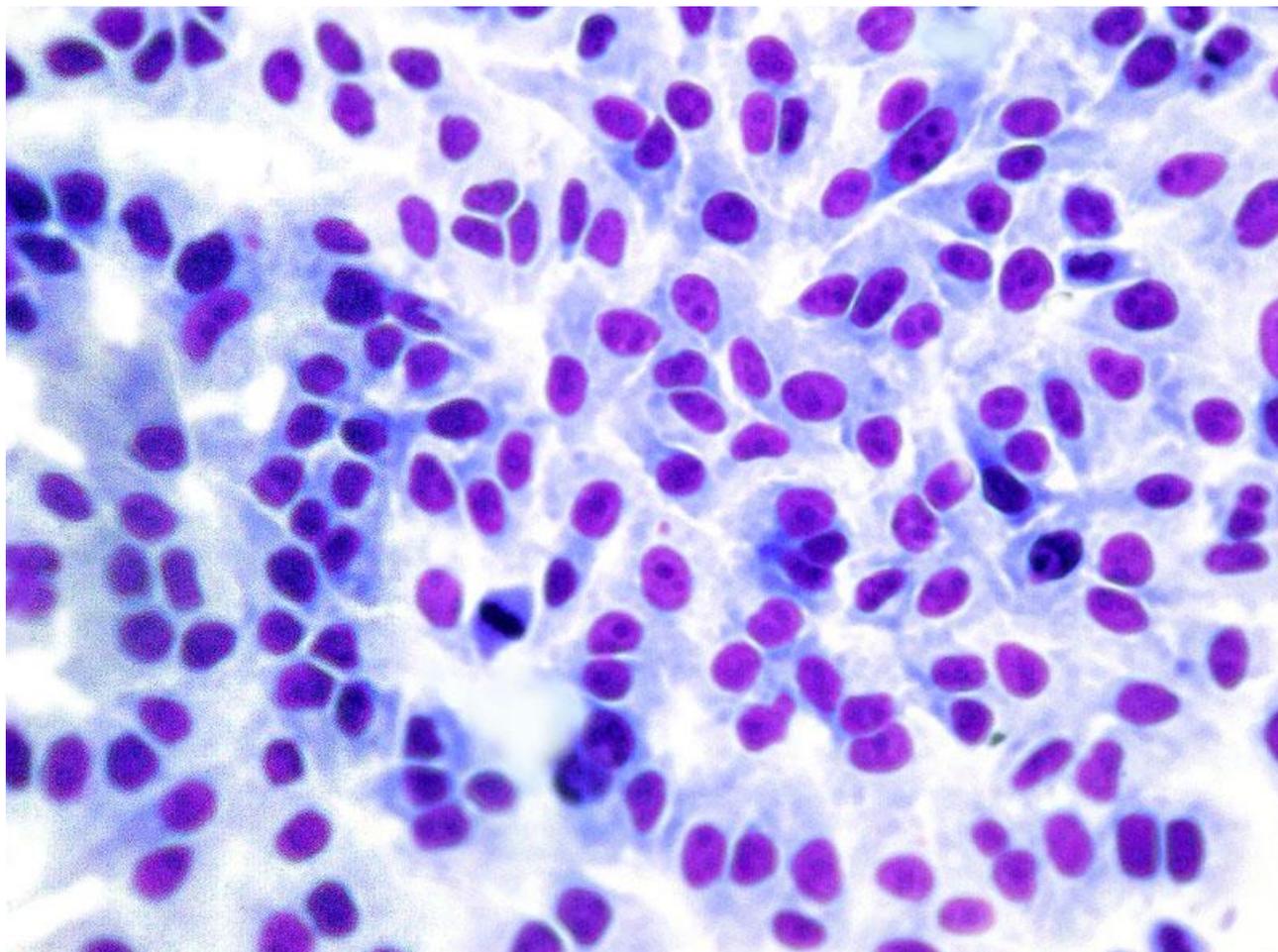


Фото 3. Клеточный монослой на воде после угольно-цеолитового фильтра (6 сут.).

Густой монослой.

Клетки плотно прилегают друг к другу.

Монослой живой, хорошо растущий.

Митозы. Митотическая активность выше (0,8 - 0,9%).

Высокие значения синтеза белка по сравнению с контрольной культурой. Синтез белка высок – 70,8 ‰.  
Увеличение X 400.

Заключение

В наших исследованиях методом биоиндикации мы отмечаем биологическую пригодность для жизнедеятельности клеток, а не химических или каких-либо других свойств воды. Как видно, используя возможности метода биоиндикации на клеточной культуре возможно исследование качества воды, пропущенной через фильтры с различными композициями наполнителей, а также установление пригодности сменных картриджей в зависимости от объема пропущенной воды во времени.