

БАРЬЕРНАЯ РОЛЬ ВОДООЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ, РАСПОЛОЖЕННЫХ В АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНАХ САРАТОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОДОИСТОЧНИКАХ

¹Мусаев Ш.Ж., ¹Елисеев Ю.Ю., ¹Луцевич И.Н., ¹Луцевич С.И.

¹ГБОУ ВПО «Саратовский Государственный медицинский университет им. В.И.Разумовского Минздрава России», Саратов, Россия (410012, Саратов, ГСП ул. Большая Казачья, 112), E-mail: dr.sofyin@yandex.ru

Изучение барьерной роли водоочистных сооружений, расположенных в агропромышленных районах Саратовской области на поверхностных водоисточниках, в отношении приоритетных химических веществ (тяжелых металлов, ядохимикатов, синтетических поверхностно-активных веществ, минеральных удобрений), содержащихся в воде открытых водоемов, показало их эффективность лишь при наличии загрязнителей в концентрациях, незначительно превышающих допустимые уровни. При этом барьерная роль очистных сооружений в отношении химических загрязнений зависела от количества этапов обработки воды и была эффективнее при двухступенчатой схеме обработки, включающей отстаивание, коагуляцию, фильтрацию и хлорирование. В паводковые периоды барьерная роль в отношении содержащихся в воде химических веществ повышалась, но ни одна из используемых в агропромышленных районах области схем очистки воды не справлялась с поставленной задачей – нормализацией химического состава воды.

Ключевые слова: поверхностные водоисточники, химическое загрязнение, эффективность очистки питьевой воды.

BARRIER ROLE OF THE WATER-CLEANING CONSTRUCTION, LOCATED IN THE AGROINDUSTRIAL REGIONS OF SARATOV REGION ON THE SURFACE WATER SOURCES

¹Musayev S.Z., ¹Eliseev Y.Y., ¹Lutsevich I.N.

¹Saratov State Medical University n.a. V.I. Razumovsky, Saratov, Russia (410012, Saratov, street B.Kazachya, 112), E-mail: dr.sofyin@yandex.ru

The study of the barrier function of the water purification stations localized on the superficial water sources in the agriculture districts of the Saratov region for the high priority chemical pollutants (heavy metals, poisons, detergents, mineral fertilizers) demonstrates their effectiveness only in the case of amounts of the chemicals in the water which considerably exceed the maximum admissible levels. It was found that barrier function of the water purification stations depended on the number of steps of the water treatment, and it was more effective in case of 2 step system, which includes sedimentation, coagulation, filtration, and chlorination processes. In case of full water periods, the effectiveness of the barrier function of the water purification stations was increased; however, none of the water purification stations in the agriculture districts of the Saratov region did not solve the problem of the normalization of the chemical content of the water.

Keywords: surface water sources, chemical pollution, the effectiveness of the purification of drinking water.

Изучению барьерной мощности водоочистных систем в Саратовской области посвящено значительное количество исследований, в которых установлена их недостаточная эффективность в отношении ряда химических загрязнителей [1, 2, 3, 4, 5, 6]. Население обследуемых агропромышленных районов использует для хозяйственно-питьевых целей воду из поверхностных и подземных водоемов. Нами изучалась барьерная роль водоочистных сооружений в отношении химических загрязнителей, содержащихся в открытых водоемах, что объяснялось не только их традиционно большим использованием сельским населением в силу доступности забора воды, но и нарастающей уязвимостью для химического загрязнения.

Из девяти изученных на содержание химических веществ открытых водоемов агропромышленных районов Саратовской области, в двух (р.Аткара и р.Медведица) вода не использовалась для хозяйственно-питьевых целей в городах районных центров, и нашла применение только в сельских поселениях. Так, в городе Аткарск и р.п. Лысье горы Саратовской области использовались подземные водоисточники. Но сельское население данных районов в основном использовало воду из рек Аткара и Медведица.

Обследование и изучение систем очистки воды из поверхностных водоемов агропромышленных районов Саратовской области выявило следующие факты. Водоочистные сооружения с полной двухступенчатой схемой водоподготовки, включающей отстаивание, коагуляцию (флокуляцию), фильтрацию и обеззараживание имелись только в двух городах агропромышленных районов Саратовской области – г.Балашове, расположенном на реке Хопер и г.Пугачеве - на реке Б.Иргиз.

Водозабор в городах Новоузенск и Александров Гай осуществлялся из реки Б.Узень, а в городах Красный Кут и Мокроус (Федоровский район) - из реки Еруслан. При этом население всех четырех городов обеспечивалось водой для хозяйственно-питьевых целей с использованием одноступенчатой очистки, включающей фильтрование на песчаных фильтрах и обеззараживание: проводимое только в паводковый период гиперхлорирование. Население городов Дергачи и Перелюб снабжалось водой соответственно из рек Алтата и Камелик с Сестрой без какой-либо очистки. Также без очистки получало воду из поверхностных водоемов и все остальное сельское население агропромышленных районов Саратовской области.

Таким образом, особый интерес представляло изучение эффективности барьерной роли водоочистных сооружений в отношении содержащихся в поверхностных водоемах химических веществ.

Результаты исследования и их обсуждение

Находящееся в г. Балашове МППУ «Водоканал» осуществляет водозабор из реки Хопер в объеме 3,6 млн. м³ в год, а станция очистки воды работает с производительностью 15,4 тыс. м³ в сутки. Эффективность процессов улучшения качества очистки воды в отношении приоритетных химических загрязнений определялась при химическом анализе проб речной и питьевой воды в период 2010-2012 гг. (табл. 1).

Таблица 1

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (двухступенчатая система)

г.Балашова в отношении химических загрязнений р.Хопер

	Эффективность очистки % (остаточные концентрации в ПДК)
--	---

Химические загрязнители	2010		2011		2012	
	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период
СПАВ	28% (0,4±0,1)	52% (0,6±0,1)	32% (0,4±0,1)	54% (0,6±0,1)	32% (0,4±0,1)	56% (0,6±0,1)
Минеральные удобрения	13% (0,9±0,1)	20% (2,0±0,5)	15% (1,3±0,2)	23% (2,7±0,6)	17% (1,3±0,2)	24% (2,6±0,4)
Тяжелые металлы: марганец, железо, медь	48% (4,4±0,9)	82% (2,0±0,4)	53% (4,5±1,1)	79% (2,8±0,8)	49% (5,4±0,9)	83% (3,7±0,9)
	49% (3,2±0,5)	72% (5,14±1,1)	51% (3,0±0,7)	76% (4,0±0,5)	53% (4,4±0,8)	80% (3,9±0,7)
	34% (0,7±0,2)	58% (0,8±0,2)	28% (0,9±0,1)	56% (1,0±0,2)	32% (0,7±0,2)	57% (0,8±0,2)
Нефтепродукты	15% (0,7±0,1)	32% (0,8±0,2)	22% (0,7±0,1)	34% (0,9±0,2)	49% (0,9±0,3)	55% (1,1±0,2)

Очевидно, что двухступенчатая система очистки воды, используемая на водоочистных сооружениях г.Балашова оказалась весьма эффективна в отношении СПАВ. Среднегодовая эффективность очистки достигала 28 – 32%, а остаточные количества детергентов составляли не более 0,4 ПДК. Аналогичной, с эффективностью от 15 до 49%, была очистка воды в отношении нефтепродуктов, содержащихся в воде р. Хопер. Очистные сооружения практически справлялись и с удалением из речной воды минеральных удобрений, однако в 2011 и 2012 годах их концентрации достигали $58,5 \pm 8,7$ мг/л, что превышало ПДК (по нитратам) в 1,3 раза.

Неэффективной, несмотря на высокий процент очистки (48 – 53%), оказалось удаление из речной воды тяжелых металлов: марганца и железа. В результате содержание марганца в питьевой воде превышало допустимые нормы в 4,5 – 5,4 раза, а железа - в 3 – 4,4 раза. Последнее связано с их высокими исходными концентрациями не только в воде водоемов, но и в донных отложениях с последующим перераспределением, что особенно характерно для паводкового периода. Напротив, в связи с низким содержанием меди в водоеме и донных отложениях (соответственно $1,1 \pm 0,1$ мг/л и $2,2 \pm 0,2$ мг/кг), очистка в отношении данного металла на водоочистных сооружениях оказалась эффективной. На протяжении всего периода мониторинга, содержание меди ни в одной из исследуемых проб не превышало допустимых концентраций.

Высокая эффективность очистки речной воды в отношении марганца отмечалась в паводковый период и обуславливалась введением в схему по эпидемиологическим показателям обеззараживания гиперхлорированием, высоких доз коагулянта совместно с флокуляцией.

Изучение барьерной роли водоочистных сооружений г. Пугачева, осуществляющих водозабор из р.Б.Иргиз объемом 32,0 тыс. м³ в сутки, также свидетельствовало об их высокой эффективности в отношении ряда химических загрязнителей в 2010-2011 гг. (табл. 2).

Таблица 2

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (двухступенчатая система) г.Пугачева в отношении химических загрязнений р.Б.Иргиз

Химические загрязнители	Эффективность очистки (концентрации в ПДК)					
	2010		2011		2012	
	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый.пери- од	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый.пери- од	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый.пери- од
СПАВ	43% (0,8±0,2)	68% (0,9±0,2)	47% (0,7±0,1)	70% (0,8±0,2)	48% (0,8±0,2)	72% (0,8±0,2)
Минеральные удобрения	14% (1,5±0,3)	24% (3,2±0,5)	17% (1,8±0,2)	29% (4,42±0,7)	17% (1,8±0,3)	31% (5,1±0,7)
Тяжелые металлы: марганец, железо, медь	53% (4,8±3,2)	87% (2,0±0,3)	54% (4,7±1,2)	86% (2,2±0,5)	54% (4,7±1,2)	84% (2,4±0,3)
	44% (0,7±0,2)	65% (0,5±0,1)	52% (0,6±0,2)	67% (0,5±0,1)	54% (0,6±0,3)	67% (0,5±0,1)
	29% (0,9±0,2)	42% (0,9±0,3)	27% (0,7±0,2)	48% (0,8±0,3)	30% (0,7±0,3)	46% (0,8±0,2)
Нефтепродукты	45% (0,8±0,1)	51% (1,4±0,2)	32% (0,6±0,1)	44% (0,8±0,2)	52% (1,4±0,2)	78% (1,1±0,5)

Остаточные количества основных химических загрязнителей (СПАВ, нефтепродукты, медь и железо), определяемые в питьевой воде после очистки не превышали допустимых концентраций за исключением высокого содержания марганца (4,8 – 4,7 ПДК) и минеральных удобрений (1,5 – 1,8 ПДК). В 2012 г. с вводом в Пугачевском районе нефтяного месторождения среднегодовое содержание остаточных количества нефтепродуктов в очищенной воде возросло до 1,4 ПДК. При этом содержание минеральных удобрений и марганца также оставалось выше допустимых величин, соответственно 81,2±9,1 мг/л и 0,47±0,12 мг/л.

Изучение барьерной роли одноступенчатых схем очистки воды из водохранилищ Семеновское и Ахмат-Лавровское р.Еруслан городов Мокроус и Красный Кут, а также водохранилищ у р.п. Александров Гай и на балке Соленой у г.Новоузенска, подпитываемых из реки Б.Узень, напротив, установило их низкую эффективность в отношении химических загрязнителей (табл. 3, 4).

Таблица 3

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (одноступенчатая система) г.Мокроус в отношении химических загрязнений р.Еруслан

Химические загрязнители	Эффективность очистки (концентрации в ПДК)					
	2010		2011		2012	
	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период
СПАВ	8% (1,1±0,1)	18% (1,5±0,3)	9% (1,1±0,1)	21% (1,5±0,3)	10%(1,1±0,1)	21% (1,5±0,3)
Ядохимикаты: ГХЦГ	7% (1,0±0,1)	11% (1,7±0,3)	8% (1,0±0,2)	10% (1,7±0,3)	8% (1,0±0,2)	12% (1,7±0,3)
Минеральные удобрения	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)
Нефтепродукты	14% (1,7±0,2)	28% (2,7±0,4)	14% (1,8±0,2)	29% (2,7±0,3)	12% (1,8±0,2)	23% (2,9±0,4)

Таблица 4

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (одноступенчатая система) г.Красный Кут в отношении химических загрязнений р.Еруслан

Химические загрязнители	Эффективность очистки (концентрации в ПДК)					
	2010		2011		2012	
	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период
СПАВ	8% (1,1±0,1)	18% (1,5±0,3)	9% (1,1±0,1)	21% (1,5±0,3)	10%(1,1±0,1)	21% (1,5±0,3)
Ядохимикаты: ГХЦГ	7% (1,0±0,1)	11% (1,7±0,3)	8% (1,0±0,2)	10% (1,7±0,3)	8% (1,0±0,2)	12% (1,7±0,3)
Минеральные удобрения	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)	7% (1,2±0,2)	21% (1,6±0,4)
Тяжелые металлы: марганец, железо	31% (1,6±0,3)	47% (3,8±0,6)	33% (1,6±0,3)	49% (3,8±0,7)	33% (1,6±0,3)	49% (3,8±0,7)
	20% (1,1±0,2)	36% (1,2±0,2)	22% (1,1±0,2)	36% (1,2±0,2)	22% (1,1±0,2)	36% (1,2±0,2)
Нефтепродукты	14% (1,7±0,2)	28% (2,7±0,4)	14% (1,8±0,2)	29% (2,7±0,3)	12% (1,8±0,2)	23% (2,9±0,4)

Однако, несмотря на то, что содержание всех обнаруживаемых в р.Еруслан химических веществ после очистки воды снижалось незначительно (от 8 до 33%), их концентрации в питьевой воде на протяжении всего периода наблюдения либо были на уровне ПДК, либо незначительно превышали допустимые значения. Так, среднегодовые

концентрации ядохимиката ГХЦГ составляли 1,0 ПДК, СПАВ и железа – 1,1 ПДК, минеральных удобрений - 1,2 ПДК. Вместе с тем, марганец и нефтепродукты в питьевой воде после очистки, соответственно присутствовали в концентрациях 1,6 и 1,8 ПДК.

Еще большую настороженность вызывала трактовка эффективности очистки воды из р.Еруслан в паводковый период, когда несмотря на то, что барьерная роль возрастала в 2 – 3 раза, остаточное содержание всех выше перечисленных химических веществ в подаваемой воде было выше допустимых значений.

Относительно благополучная ситуация по показателям содержания химических веществ в питьевой воде, получаемой после одноступенчатой очистки из р.Еруслан, была связана не столько с эффективностью очистных сооружений, сколько с незначительным исходным превышением среднегодового содержания химических веществ в исследуемом поверхностном водоеме. Этот вывод нашел свое подтверждение при анализе эффективности одноступенчатой схемы водоподготовки в отношении химических веществ, содержащихся в р. Б.Узень (табл. 5, 6).

Таблица 5

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (одноступенчатая система) г.Александров Гай в отношении химических загрязнений р.Б.Узень

Химические загрязнители	Эффективность очистки (концентрации в ПДК)					
	2010		2011		2012	
	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период	Среднегодовое содержание	Паводковый период
СПАВ	4% (0,6±0,04)	8% (1,0±0,2)	6% (0,6±0,04)	10% (1,0±0,2)	6% (0,6±0,04)	10% (1,0±0,2)
Минеральные удобрения	5% (1,4±0,1)	14% (2,6±0,6)	7% (1,4±0,1)	13% (2,8±0,5)	7% (1,4±0,1)	14% (2,7±0,6)
Тяжелые металлы: марганец, железо, медь, цинк	33% (5,6±1,1)	52% (6,7±1,2)	35% (5,6±1,2)	54% (7,0±1,3)	35% (5,6±1,2)	56% (7,7±1,4)
	27% (2,8±0,6)	48% (7,0±1,3)	31% (2,9±0,4)	51% (6,6±1,1)	28% (3,3±0,4)	52% (6,4±1,2)
	13% (1,6±0,3)	31% (1,9±0,4)	18% (1,6±0,3)	34% (1,9±0,3)	21% (1,7±0,3)	39% (1,8±0,4)
	35% (0,1±0,02)	53% (0,2±0,02)	33% (0,1±0,02)	51% (0,2±0,02)	34% (0,1±0,02)	54% (0,2±0,02)
Ядохимикаты: ГХЦГ, ГХБ, 2,4-Д,	8% (1,4±0,2)	27% (2,8±0,4)	9% (1,4±0,2)	31% (2,5±0,4)	9% (1,4±0,2)	34% (2,4±0,5)
	18% (1,7±0,2)	43% (2,4±0,4)	20% (1,7±0,2)	47% (2,2±0,4)	22% (1,7±0,3)	50% (2,2±0,4)

далапон	15%	32%	16%	33%	17%	34%
	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)
	12%	25%	12%	19%	12%	27%
	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)

Таблица 6

Эффективность барьерной роли водоочистных сооружений (одноступенчатая система) г.Новоузенск в отношении химических загрязнений р.Б.Узень

Химические загрязнители	Эффективность очистки (концентрации в ПДК)					
	2010		2011		2012	
	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый пери- од	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый пери- од	Среднего- довое содержа- ние	Паводко- вый пери- од
СПАВ	4%	8%	6%	10%	6%	10%
	(0,6±0,04)	(1,0±0,2)	(0,6±0,04)	(1,0±0,2)	(0,6±0,04)	(1,0±0,2)
Минеральные удобрения	5%	14%	7%	13%	7%	14%
	(1,4±0,1)	(2,6±0,6)	(1,4±0,1)	(2,8±0,5)	(1,4±0,1)	(2,7±0,6)
Тяж. металлы: марганец, железо, медь, цинк	33%	52%	35%	54%	35%	56%
	(5,6±1,1)	(6,7±1,2)	(5,6±1,2)	(7,0±1,3)	(5,6±1,2)	(7,7±1,4)
	27%	48%	31%	51%	28%	52%
	(2,8±0,6)	(7,0±1,3)	(2,9±0,4)	(6,6±1,1)	(3,3±0,4)	(6,4±1,2)
	13%	31%	18%	34%	21%	39%
	(1,6±0,3)	(1,9±0,4)	(1,6±0,3)	(1,9±0,3)	(1,7±0,3)	(1,8±0,4)
	35%	53%	33%	51%	34%	54%
	(0,1±0,02)	(0,2±0,02)	(0,1±0,02)	(0,2±0,02)	(0,1±0,02)	(0,2±0,02)
Ядохимикаты: ГХЦГ, ГХБ, 2,4-Д далапон	8%	27%	9%	31%	9%	34%
	(1,4±0,2)	(2,8±0,4)	(1,4±0,2)	(2,5±0,4)	(1,4±0,2)	(2,4±0,5)
	18%(1,7±0	43%	20%	47%	22%	50%
	,2)	(2,4±0,4)	(1,7±0,2)	(2,2±0,4)	(1,7±0,3)	(2,2±0,4)
	15%	32%	16%	33%	17%	34%
	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)	(1,0±0,1)	(1,9±0,3)
	12%	25%	12%	19%	12%	27%
	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)	(0,2±0,04)	(0,4±0,03)

Несмотря на то, что эффективность одноступенчатой схемы очистки воды в отношении химических загрязнений (4% - 35%) была приблизительно такой же, как и на р.Еруслан, среднегодовое количество веществ с нестандартными пробами в питьевой воде было выше. Так, содержание минеральных веществ и ГХЦГ превышало ПДК в 1,4 раза, меди и ГХБ - в 1,7 – 1,8 раза, железа - в 3 раза, а марганца - почти в 6 раз. Одноступенчатая схема оказалась эффективной лишь в отношении содержащихся в р.Б Узень СПАВ, 2,4-Д, и цинка,

что также связано с низкими исходными концентрациями химических веществ в открытом водоеме.

В паводковый период на р. Б.Узень барьерная роль в отношении содержащихся в воде химических веществ повышалась, однако остаточные количества всех химических загрязнений в питьевой воде превышали допустимые уровни.

Заключение

Таким образом, изучение барьерной роли водоочистных сооружений, расположенных в агропромышленных районах Саратовской области на поверхностных водоисточниках, в отношении приоритетных химических веществ (тяжелых металлов, ядохимикатов, синтетических поверхностно-активных веществ, минеральных удобрений), содержащихся в воде открытых водоемов, показало их эффективность лишь при наличии загрязнителей в концентрациях, незначительно превышающих допустимые уровни. При этом барьерная роль очистных сооружений в отношении химических загрязнений зависела от количества этапов обработки воды и была эффективнее при двухступенчатой схеме обработки, включающей отстаивание, коагуляцию, фильтрацию и хлорирование. В паводковые периоды барьерная роль в отношении содержащихся в воде химических веществ повышалась, но ни одна из используемых в агропромышленных районах области схем очистки воды не справлялась с поставленной задачей – нормализацией химического состава воды.

Список литературы

1. Лаврентьев М.В. Гигиеническая оценка качества питьевой воды, полученной с использованием локальных систем очистки / М.В. Лаврентьев, А.А. Орлов, Ю.Ю. Елисеев // *Фундаментальные исследования.* – 2011.– № 9 – С. 421– 425.
2. Лаврентьев М.В. Гигиеническая оценка эффективности работы установок по очистке питьевой воды в учреждениях повышенной социальной значимости Саратовской области / М.В.Лаврентьев // *Саратовский научно-медицинский журнал.*–2011.–том 7. – №2.–С.350-353.
3. Логашова Н.Б. Санитарно-токсикологическая оценка качества питьевой воды города Саратова и обоснование оптимизации водоподготовки / Н.Б. Логашова, И.Н. Луцевич, Т.В. Водянова, Е.И. Тихомирова// *Естественные и технические науки.*- 2008.- №6.-С.86-92.
4. Малышева А.Г. Трансформация поверхностно-активных веществ при разных способах обеззараживания воды / А.Г. Малышева, И.Н. Луцевич, Е.Е. Кубланов, А.А. Беззубов, Т.Ю. Теплова// *Гигиена и санитария.*- 2008.-№2.-С.20-23.
5. Мусаев Ш.Ж. Механизмы поведения химических соединений в поверхностном, объемном слоях и донных отложениях водоемов при их антропогенном загрязнении / Ш.Ж. Мусаев,

Ю.Ю. Елисеев, И.Н. Луцевич// Известия Самарского научного центра Российской академии наук.-2011.-Том 13.-№ 1(8).-С.1914-1916

6. Орлов А.А. Актуальные вопросы сельского водоснабжения Заволжья / А.А. Орлов, М.В. Лаврентьев // Здравоохранение Российской Федерации. – 2011. – №4. – С. 34.

Рецензенты:

Бородулин В.Б., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой биохимии ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И.Разумовского Минздрава России, г. Саратов.

Швиденко И.Г., д.м.н., профессор кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии ГБОУ ВПО Саратовский ГМУ им. В.И.Разумовского Минздрава России, г. Саратов.