

**В.В. Гончарук, В.Ф. Вакуленко, Ю.О. Швадчина,
Л.М. Олейник, Т.Н. Ситниченко**

**ВЛИЯНИЕ ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИНА
ГИДРОХЛОРИДА НА ПРОЦЕСС КОАГУЛЯЦИОННОЙ
ОЧИСТКИ РЕЧНЫХ ВОД**

Изучена флокулирующая способность полигексаметиленгуанидина гидрохлорида при совместной с сульфатом алюминия обработке днепровской и деснянской вод в весенний период. Показано, что добавки 1 – 5 мг/дм³ исследуемого вещества при коагуляционной очистке речных вод улучшают процесс их осветления, повышают качество фильтрата по основным показателям и позволяют уменьшить на 10 – 20 мг/дм³ дозу коагулянта. Выраженный флокулирующий эффект проявляется при обработке указанных вод дозами полимерного препарата соответственно 3 – 5 и 2 – 3 мг/дм³. Сам полигексаметиленгуанидин (без коагулянта) обеспечивает нормируемое качество фильтрата по цветности и мутности лишь при обработке слабоокрашенной деснянской воды. Установлено, что ≥ 99 % полигексаметиленгуанидина задерживается загрузкой песчаного фильтра.

Первым этапом подготовки питьевой воды из поверхностных водосисточников является процесс ее осветления и обесцвечивания, осуществляемый с помощью коагулянтов, в частности сульфата алюминия (СА). Совместное применение коагулянтов и флокулянтов интенсифицирует работу очистных сооружений и повышает качество очищенной воды. Небольшие добавки флокулянтов существенно снижают устойчивость дисперсий, ускоряют образование и осаждение хлопьев гидроксидов алюминия или железа, повышают плотность осадков и степень осветления воды. В настоящее время широко используются синтетические органические флокулянты (неионогенные, анионные и катионные), представляющие собой растворимые в воде линейные полимеры, молекулярная масса которых варьирует в интервале $4 \cdot 10^4 - 5 \cdot 10^7$ Да [1]. Дозы флокулянтов составляют 0,02 – 5 мг/дм³ (0,1 – 1% от массы твердой фазы) [2]. В последние годы наблюдается повышенный интерес к синтетическим бактерицидным полиэлектролитам на основе гуанидиновых соединений, проявляющим одновременно свойства флокулянтов катионного типа [3, 4]. Однако влияние флокулянтов такого типа на качество питьевой воды изучено недостаточно [3, 5].

© В.В. ГОНЧАРУК, В.Ф. ВАКУЛЕНКО, Ю.О. ШВАДЧИНА, Л.М. ОЛЕЙНИК,
Т.Н. СИТНИЧЕНКО, 2008

Цель данного исследования – оценка флокулирующих свойств полигексаметиленгуанидина гидрохлорида (ПГМГ) при коагуляционной очистке воды рек Днепра и Десны.

Методика эксперимента. Изучено влияние добавок как одного ПГМГ, так и при совместной с СА обработке в сочетании с последующим отстаиванием и фильтрованием на степень очистки речных вод по комплексу показателей. Контролировали: мутность (М), остаточные концентрации алюминия и ПГМГ в отстоянной воде; цветность (Ц), мутность, остаточные концентрации алюминия и ПГМГ, перманганатную окисляемость (ПО), ХПК, содержание общего органического углерода (ООУ) в фильтрате. Контроль большинства указанных показателей осуществляли по стандартным методикам, остаточные концентрации ПГМГ и содержание ООУ – по методикам, разработанным в ИКХХВ НАН Украины [6, 7].

Изучение флокулирующих свойств ПГМГ проведено на нескольких образцах днепровской и деснянской вод, отобранных в апреле – мае 2005 г. (табл. 1). Мутность исходной днепровской воды в период исследований была значительно ниже, чем деснянской, однако чрезвычайно мелкодисперсная взвесь слабо задерживалась как бумажным, так и песчаным фильтрами. Содержание гуминовых и фульвокислот в днепровской воде было выше, чем в деснянской, следовательно, цветность, ХПК, ООУ, ПО также более высокие.

Полигексаметиленгуанидин гидрохлорид (производства Шосткинского завода химических реактивов) – твердое аморфное вещество светло-серого цвета, хорошо растворимое в воде, без запаха. Степень полимеризации препаратов такого типа невысокая (30 – 50) [8], поэтому их молекулярная масса ($5 \cdot 10^3$ – $5 \cdot 10^4$ Да) значительно ниже, чем у катионных флокулянтов других типов [1, 9]. Концентрацию реагента варьировали в интервале доз, необходимых для первичного обеззараживания исследуемых вод (1 – 5 мг/дм³) [10]. Указанные дозы ПГМГ были того же порядка, что и других низкомолекулярных флокулянтов катионного типа (например, ВПК-402) [9]. В качестве коагулянта использовали СА. Концентрации рабочих растворов СА (по безводному $Al_2(SO_4)_3$) и ПГМГ – соответственно 10 и 1 г/дм³. Порядок обработки природных вод коагулянтном и флокулянтном и временной интервал между их вводом в основном соответствовал режиму обработки воды, принятому на отечественных водопроводных станциях. Продолжительность отстаивания воды – 3 ч, что согласуется с данными [5].

Оценку влияния добавок ПГМГ на степень очистки речных вод разными дозами СА проводили двумя способами.

Таблица 1. Характеристика исследуемых речных вод

Вода	Дата отбора	Т, °С	рН	Щелочность, мг-экв/дм ³	Мутность, мг/дм ³	Цветность, град	ПО	ХПК	ООУ, мг/дм ³	Коли-индекс, КОЕ/дм ³	Общее микробное число, КОЕ/см ³	Доза ПГМГ для первичного обеззараживания, мг/дм ³
							мг О/дм ³					
Деснянская	04.04.05	9	8,4	4,3	7,8	27	8,5	24	13,0	93	21	1,5 – 2,0
Днепровская	11.04.05	9	7,8	2,2	4,5	60	15,0	32	15,7	636	35	> 3,0
	25.04.05	12	7,8	2,3	3,8	62	15,4	42	15,9	280	12	4,0
	10.05.05	15	8,0	2,3	4,5	79	19,7	55	20,0	180	20	–

По первому способу серию проб воды ($V = 0,5 \text{ дм}^3$) в 10 цилиндрах с притертыми пробками обрабатывали разными дозами СА, перемешивая 5 – 10-кратным опрокидыванием закрытых цилиндров, добавляли через 3 мин расчетные объемы рабочего раствора ПГМГ, снова перемешивали, отстаивали в течение 3 ч и фильтровали через бумажный фильтр (белая лента). По второму способу такой же обработке подвергали большие объемы речной воды (5 дм^3), при этом отстоянную (3 ч) воду отделяли с помощью сифона и фильтровали через песчаный фильтр.

Песчаный фильтр представлял собой стеклянную колонку (диаметр – 3,8 см, высота – 1 м) с впаянной в нижней части стеклянной пластинкой с отверстиями, заполненную гранитной крошкой (диаметр зерен – 3 – 5 мм, высота загрузки – 3 см) и кварцевым песком (диаметр зерен – 0,5 – 1,25 мм, высота загрузки – 60 см). Воду фильтровали сверху вниз при скорости 5 – 6 м/ч, фильтр промывали водопроводной водой снизу вверх.

Результаты и их обсуждение. Процесс образования и осаждения хлопьев гидроксида алюминия в исследуемых водах при низкой температуре ($11 - 15^\circ\text{C}$) протекал медленно как при обработке одним СА, так и в присутствии ПГМГ. Хотя формирование хлопьев в присутствии ПГМГ ускорялось, их размер возрастал, скорость осаждения несколько повышалась, полное осаждение хлопьев в течение 3 ч не достигалось, и довольно высокая мутность отстоянной воды сохранялась даже при дозах СА (Д) 60 – 80 мг/дм³ (рис. 1, а, 2, а). Мутность отстоянной днепровской воды уменьшалась по сравнению с исходной лишь при обработке дозами коагулянта и ПГМГ соответственно 60 и 3 – 5 мг/дм³.

Анализ остаточной концентрации алюминия в отстоянных водах (см. рис. 1, б, 2, б) показал, что добавки 2 – 5 мг/дм³ ПГМГ при дозах СА 40 – 60 мг/дм³ повышали степень осаждения хлопьев гидроксида алюминия в деснянской и днепровской водах соответственно на 13 – 39 и 20 – 45%.

Степень влияния добавок ПГМГ на процесс отстаивания исследуемых вод существенно зависела от доз коагулянта и флокулянта. При дозе ПГМГ 1 мг/дм³ флокулирующий эффект был неустойчивым (см. рис. 1). Более выраженный флокулирующий эффект проявлялся при обработке днепровской и деснянской вод дозами ПГМГ соответственно 3 – 5 и 2 – 3 мг/дм³.

Высокомолекулярные флокулянты катионного типа способны вызывать агрегацию и осаждение отрицательно заряженных частиц коллоидов и суспензий без коагулянтов. Применяют и бинарные добавки полимеров катионного типа (низко- и высокомолекулярных) [9]. При этом добавки низкомолекулярного флокулянта ($\sim 5 \cdot 10^5 \text{ Да}$) дестабилизируют частицы гумусовых веществ, а высокомолекулярный компонент (до $15 \cdot 10^6 \text{ Да}$) способствует образованию крупных агрегатов, легко отделяющихся от жидкой фазы отстаиванием и фильтрованием.

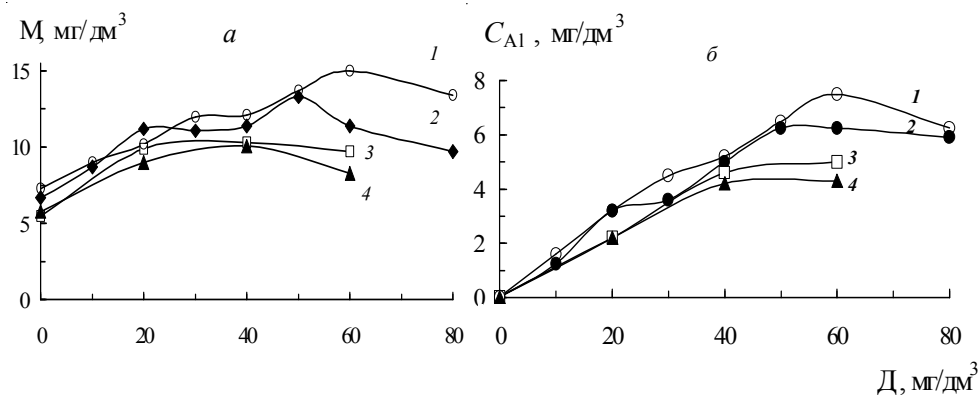


Рис. 1. Изменение мутности деснянской воды (а) и остаточных концентраций алюминия (б) в ней после обработки разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ и отстаивания в течение 3 ч. Дозы ПГМГ, мг/дм³: 0 (1), 1 (2), 2 (3), 3 (4)

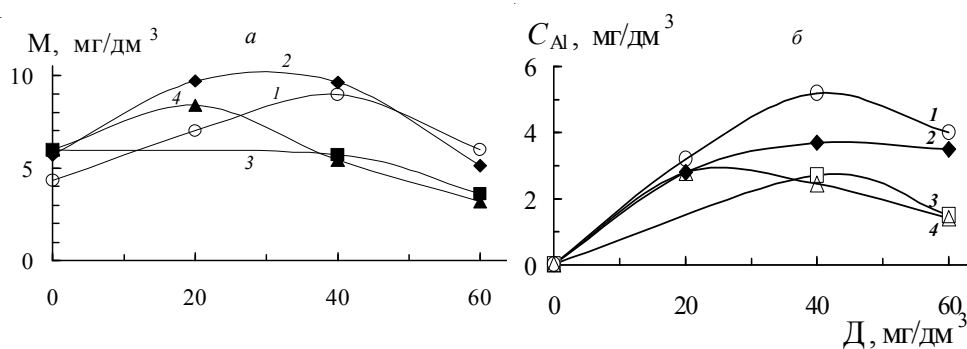


Рис. 2. Изменение мутности днепровской воды (а) и остаточных концентраций алюминия (б) в ней после обработки разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ и отстаивания в течение 3 ч. Дозы ПГМГ, мг/дм³: 0 (1), 2 (2), 3 (3), 5 (4)

Обработка исследуемых вод одним ПГМГ (без СА) несколько повышала мутность отстоянной воды (рис. 1, 2) и заметно снижала значения всех контролируемых параметров в фильтрате (табл. 2, 3). Например, при дозе ПГМГ 3 мг/дм³ мутность и цветность фильтрата деснянской воды снижались соответственно на 42 и 35 %, днепровской – соответственно на 55 и 45% по сравнению с фильтратом необработанных речных вод.

Расход ПГМГ составлял 1 мг на 6–9 град цветности, что соответствовало опубликованным данным для других катионных флокулянтов [2]. Однако в отсутствие коагулянта цветность фильтрата днепровской воды превышала нормируемую для питьевой воды даже при дозе ПГМГ 5 мг/дм³ (см. табл. 3). Качество фильтрата соответствовало нормам СанПиНа № 136/1940-97 Украины [11] на питьевую воду по указанным параметрам лишь при обработке слабоокрашенной деснянской воды дозой ПГМГ 3 мг/дм³ (табл. 2).

Концентрация ПГМГ в отстаивной деснянской воде составляла 50–70% от введенной дозы (1–3 мг/дм³) без коагулянта, а при совместной с коагулянтом обработке варьировала от 38 до 100%. Остаточная концентрация ПГМГ в фильтрате (без обработки коагулянтом) равнялась 0,27–0,50 мг/дм³ (10–30% от введенной дозы); при совместной с коагулянтом обработке воды – варьировала от 0,12–0,18 мг/дм³ (7–15%) до < 0,015 мг/дм³ (< 0,5%) при дозах СА соответственно 10–30 и 40–80 мг/дм³ (табл. 2). Таким образом, подобно флокулянтам других типов, ПГМГ на ≥ 99% задерживался загрузкой песчаного фильтра.

В отстаивной днепровской воде концентрация ПГМГ составляла 86–100% от введенной дозы (2–5 мг/дм³ ПГМГ) без коагулянта и 45–100% – в сочетании с обработкой коагулянтом. Остаточная концентрация ПГМГ в фильтрате варьировала от < 3 до 20% от введенной дозы без коагулянта, а при совместной с коагулянтом (20–60 мг/дм³) обработке снижалась до < 0,1 мг/дм³ (см. табл. 3). Низкая остаточная концентрация ПГМГ в фильтрате при введенной дозе 5 мг/дм³ без коагулянта была обусловлена, вероятно, сорбционной способностью гидроксида алюминия в составе отложений в межзерновом пространстве загрузки фильтра по отношению к ПГМГ, поскольку прежде через фильтр было пропущено несколько проб воды, совместно обработанных обоими реагентами.

При такой обработке исследуемых вод коагулянтом и ПГМГ качество фильтрата по основным показателям (мутности, цветности, остаточной концентрации алюминия) заметно улучшалось по сравнению с обработкой одним коагулянтом уже при наименьших исследованных дозах ПГМГ – 1 и 2 мг/дм³ соответственно для деснянской и днепровской вод (рис. 3, 4). Степень очистки фильтрата по указанным параметрам повышалась соответственно на 17–40; 4–18; 25–65% и 50–61; 9–52; 79–94% .

Таблица 2. Степень очистки деснянской воды разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ в сочетании с фильтрованием через песчаный фильтр (~ 6 м/ч)

Доза, мг/дм ³		рН	Мутность	C _{Al}	C _{ПГМГ}	Цветность, град	ХПК	ПО	ООУ, мг/дм ³
коагу- лянта	ПГМГ								
0	0	8,0	1,6	< 0,02	-	24	21	7,3	10,9
	2	7,9	1,5	< 0,02	0,50	23	19	6,9	8,9
	3	7,9	0,9	-	0,30	16	17	5,7	8,6
20	0	7,8	0,9	0,29	-	19	18	5,7	7,1
	2	7,7	0,5	0,05	< 0,10	13	16	5,3	6,9
40	0	7,5	0,9	0,19	-	14	16	5,3	5,6
	2	7,4	0,8	0,08	< 0,015*	11	15	4,0	5,5
60	0	7,2	0,8	0,05	-	10	14	4,9	5,1
	2	7,3	0,3	0,03	< 0,015*	8	12	4,1	5,0

*Методом твердофазной фотометрии [6].

Таблица 3. Влияние добавок ПГМГ на качество фильтрата днепровской воды (скорость фильтрования – 5,4 – 5,9 м/ч)

Дата	Доза, мг/дм ³		рН	Мутность	C _{Al}	C _{ПГМГ}	Цветность	ХПК	ПО	ООУ
	коагулянта	ПГМГ								
11.04.05	0	0	7,7	2,5	–	–	52	32	13,7	15,5
		2	7,7	2,1	–	0,42	42	30	11,3	–
		3	7,6	1,4	–	0,30	33	28	11,0	15,0
		5	7,7	0,8	–	< 0,10	25	26	9,3	12,5
	20	0	7,4	3,1	1,2	–	50	31	11,3	–
		2	7,4	1,2	0,1	< 0,10	24	30	10,5	–
		5	7,3	0,6	< 0,015	< 0,10	14	27	6,1	9,9
	40	0	7,0	1,8	0,48	–	23	22	7,3	11,0
		2	7,0	0,9	0,03	< 0,10	16	21	6,5	–
		5	6,9	0,4	< 0,015	< 0,10	10	15	4,5	7,5
	60	0	6,8	0,4	0,07	–	11	16	4,9	7,2
		3	6,8	0,4	0,015	< 0,10	9	15	4,5	6,9
5		6,7	0,6	0,015	< 0,10	9	15	4,1	6,0	
25.04.05	0	0	7,8	2,9	–	–	57	40	15,0	15,7
	40	0	7,3	1,9	0,74	–	24	38	8,5	10,2
		2	7,2	0,8	0,12	0,05*	18	32	7,3	8,7
10.05.05	0	0	7,9	3,3	–	–	76	55	19,0	20,0
	60	0	6,9	0,8	–	–	16	36	8,8	–
		3	6,8	0,8	–	–	15	32	8,4	–

*Методом твердофазной фотометрии [6].

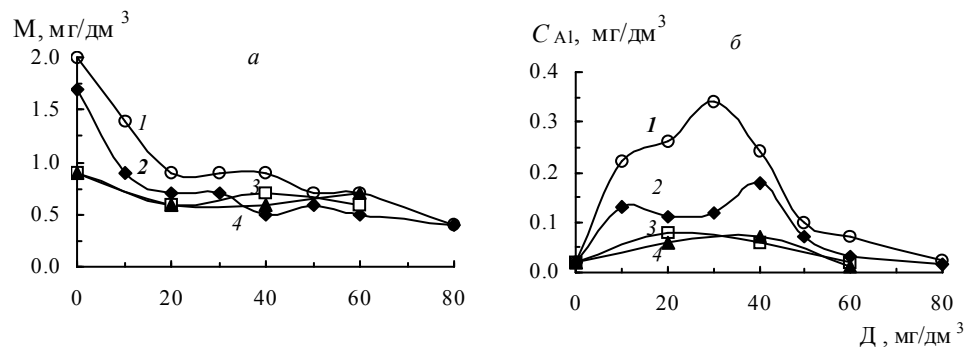


Рис. 3. Изменение мутности (а) и остаточной концентрации алюминия (б) в фильтрате деснянской воды, обработанной разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ. Дозы ПГМГ, мг/дм³: 0 (1), 1 (2), 2 (3), 3(4)

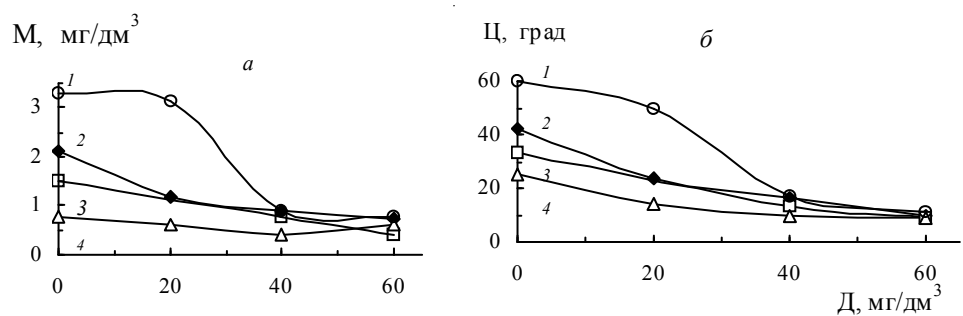


Рис. 4. Изменение мутности (а) и цветности (б) фильтрата днепровской воды, обработанной разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ. Дозы ПГМГ, мг/дм³: 0 (1), 2 (2), 3 (3), 5 (4)

Увеличение дозы ПГМГ до 2 мг/дм³ при обработке деснянской воды оказывало наибольший эффект на остаточную концентрацию алюминия в фильтрате (см. рис. 3, б) при заметном повышении его качества и по другим показателям (см. табл. 2). Дальнейшее увеличение дозы ПГМГ до 3 мг/дм³ при указанных дозах коагулянта не улучшало качество фильтрата деснянской воды по органолептическим параметрам и остаточной концентрации алюминия, однако способствовало более полному извлечению органических примесей. В то же время при обработке днепровской воды увеличение дозы ПГМГ до 5 мг/дм³ при дозах коагулянта 20 – 40 мг/дм³ существенно повышало степень очистки фильтрата по органолептическим показателям (рис. 4) и параметрам, характеризующим содержание органических примесей (рис. 5), но незначительно влияло на остаточную концентрацию алюминия.

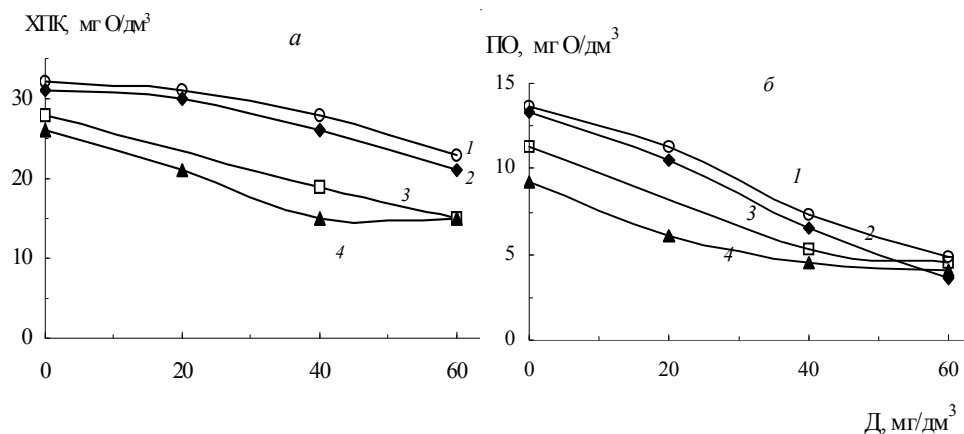


Рис. 5. Изменение ХПК (а) и перманганатной окисляемости (б) фильтрата днепровской воды, обработанной разными дозами сульфата алюминия и ПГМГ. Дозы ПГМГ, мг/дм³: 0 (1), 2 (2), 3 (3), 5 (4)

Обработка днепровской воды дозой коагулянта 60 мг/дм³ без добавок ПГМГ снижала мутность и цветность фильтрата соответственно на 76 – 83 и 79 – 82% по сравнению с фильтратом необработанной реагентами воды и обеспечивала соответствие его качества нормам СанПиНа № 136/1940 на питьевую воду по основным показателям (цветности, мутности и остаточной концентрации алюминия) (табл. 3). Добавки ПГМГ при указанной дозе коагулянта снижали мутность и остаточную концентрацию алюминия в отстоянной воде (рис. 2) и несколько улучшали качество фильтрата по содержанию органических примесей (ХПК, ПО и ООУ) (рис. 5, табл. 3).

Тем не менее при дальнейшем ухудшении качества исходной речной воды добавки ПГМГ целесообразны и при высоких дозах коагулянта (60 – 80 мг/дм³) (табл. 3, 4).

Мутность и цветность фильтрата деснянской воды снижалась до значений, нормируемых СанПиНом № 136/1940 в питьевой воде, при следующих комбинациях минимальных доз коагулянта и ПГМГ (мг/дм³): 0 + 3; 20 + 0; 10 + 1. Качество фильтрата днепровской воды соответствовало СанПиНу № 136/1940 по мутности и цветности при следующих комбинациях доз коагулянта и ПГМГ (мг/дм³): 20 + 5; 40 + (2 – 5); 60 + (0 – 5); 80 + (0 – 3).

На втором и третьем образцах днепровской воды изучали влияние порядка и временного интервала ввода реагентов (коагулянта и ПГМГ) на процесс осветления этой воды и качество фильтрата (режимы 1 – 6). Кроме последовательной обработки речной воды сначала СА, а затем через 3 мин флокулянт и перемешивания после введения каждого реагента (режим 1),

Таблица 4. Влияние порядка ввода реагентов (коагулянта и ПГМГ) на степень очистки днепровской воды

Дата и номер режима обработки	Доза, мг/дм ³		рН	Мутность, мг/дм ³	Мутность, мг/дм ³	Цветность, град	ПО, мг О/дм ³
	коагулянта	ПГМГ		отстоянной воды	фильтрованной воды		
25.04.05	40	0	7,4	4,4	0,8	17	8,7
1		3	7,6	4,6	0,7	14	6,9
4			7,4	6,1	0,7	15	7,3
5			7,3	9,5	0,9	19	9,2
6			7,3	7,2	0,7	15	7,7
10.05.05			0	7,2	9,5	1,1	25
1	40	3	7,3	10,1	0,8	20	10,5
3			7,1	10,2	0,9	22	11,3
4			7,2	10,3	1,0	21	11,3
10.05.05			0	6,6	5,1	0,8	13
1	80	3	6,6	4,5	0,6	12	6,4
2			6,6	4,9	0,7	12	7,2

при двух режимах временной интервал между обработкой воды СА и ПГМГ был увеличен до 10 (режим 2) или 20 мин (режим 3).

При двух других режимах воду первоначально обрабатывали определенной дозой ПГМГ, перемешивали; обработку коагулянтom проводили через 10 (режим 4) или 20 мин (режим 5) с последующим отстаиванием (3 ч) и фильтрованием воды через бумажный или песчаный фильтр. Наконец, при режиме 6 проводили двухстадийную обработку речной воды ПГМГ дозами 2 и 1 мг/дм³ перед и после обработки коагулянтom с разрывом во времени – соответственно 10 и 20 мин, перемешиванием после каждой обработки, последующим отстаиванием (3 ч) и фильтрованием воды через бумажный фильтр.

Наилучший результат достигался при режиме 1. Обратный порядок дозирования реагентов (сначала ПГМГ, затем через 10 – 20 мин – СА), дробное введение ПГМГ (до и после обработки коагулянтom) или увеличение временного промежутка между обработкой коагулянтom и ПГМГ от 3 до 20 мин отрицательно сказывались на процессе очистки воды по одному или нескольким показателям (табл. 4).

Значения ХПК, ПО и ООУ раствора ПГМГ в дистиллированной воде при концентрации 20 мг/дм³ равнялись 33 и 4 мг О/дм³ и 8,4 мг/дм³ при расчетных значениях ХПК и ООУ – соответственно 28,8 мг О/дм³ и 9,46 мг/дм³. Таким образом, при дозе ПГМГ 1 – 5 мг/дм³ дополнительное загрязнение воды органическими примесями по ХПК, ПО и ООУ увеличивалось соответственно на ~ 2 – 8; 0,2 – 1,0 мг О/дм³ и 0,4 – 2,5 мг/дм³. Однако поскольку остаточные концентрации ПГМГ задерживались загрузкой фильтра практически полностью, его добавки позволяли несколько повысить степень очистки фильтрата от органических примесей по сравнению с фильтратом исследуемых вод, обработанных одним коагулянтom (рис. 5, табл. 2 – 4).

Фильтрование вод, не обработанных реагентами, через бумажный или песчаный фильтр снижало содержание ООУ в деснянской воде на 3 – 14%, но практически не влияло на содержание ООУ в днепровской воде. Значения ПО и ХПК фильтратов деснянской и днепровской вод уменьшались соответственно на 5 – 19 и 3 – 9%.

Обработка исследуемых вод одним ПГМГ (без коагулянта) способствовала удалению органических примесей. Значения ХПК и ПО фильтрата деснянской воды при дозах ПГМГ 2 – 3 мг/дм³ снижались соответственно на 9 – 24 и 0 – 15%; а фильтрата днепровской воды при дозах ПГМГ 2 – 5 мг/дм³ – соответственно на 3 – 13 и 3 – 26% по сравнению с фильтратом необработанных вод. Максимальное снижение содержания ООУ при таком режиме обработки составляло ~ 20%.

Обработка деснянской воды одним коагулянтom (без добавок ПГМГ) снижала концентрацию органических примесей в фильтрате до 33% по ХПК и ПО и до 53% – по ООУ. Значения ХПК и ООУ фильтрата днеп-

ровской воды при аналогичной обработке уменьшались на 50 – 54%, а значение ПО – максимально на 62 – 65%.

При совместной обработке исследуемых вод СА и ПГМГ влияние добавок флокулянта на содержание органических примесей в фильтрате зависело от доз обоих реагентов. Повышение степени очистки фильтратов деснянской и днепровской вод по ХПК и ООУ колебалось от < 4 до 15 – 22%; по ПО – от 5 – 10 до 19 – 30%. Например, добавка 5 мг/дм³ ПГМГ при дозе СА 40 мг/дм³ снижала концентрацию ООУ в фильтрате днепровской воды на 22%, однако была менее эффективной (10%) при дозе коагулянта 60 мг/дм³. Меньшие дозы ПГМГ (2 – 3 мг/дм³) оказывали незначительное влияние на концентрацию ООУ в фильтрате (2 – 10%) днепровской воды при совместной с коагулянтом обработке.

Снижение ПО фильтрата деснянской воды до ≤ 4 мг О/дм³ (норма СанПиНа № 136/1940 Украины [11]) достигалось при следующих комбинациях доз коагулянта и ПГМГ (мг/дм³): 40 + 2; 60 + 2; а до ≤ 5 мг О/дм³ (норма СанПиНа 2.1.4.1074-01 (Россия) и директивы 98/83/ЕС) [11, 12] – при следующих комбинациях доз коагулянта и ПГМГ (мг/дм³): 20 + 3; 40 + (2 – 3); 60 + (0 – 3); 80 + 1. ПО фильтрата днепровской воды соответствовала норме СанПиНа № 136/1940 Украины для питьевой воды лишь при обработке первого образца воды дозами коагулянта и ПГМГ соответственно 60 и 5 мг/дм³ (табл. 3) и не превышала 5 мг О/дм³ при следующих комбинациях доз коагулянта и ПГМГ (мг/дм³): 40 + 5; 60 + (0 – 5).

В присутствии добавок 2 – 3 мг/дм³ ПГМГ равное или лучшее качество фильтрата деснянской воды по большинству указанных показателей достигалось при меньших (на 10 – 20 мг/дм³) дозах СА, а днепровской воды – при меньшей (на 20 – 40 мг/дм³) дозе СА после добавки 5 мг/дм³ ПГМГ. Меньшие дозы ПГМГ не позволяли сохранить качество фильтрата этого источника по всему комплексу показателей при снижении дозы коагулянта.

При промывке песчаного фильтра водопроводной водой были оценены степень извлечения ПГМГ из фильтрующей загрузки, прочность связывания ПГМГ осадком гидроксида алюминия и возможность загрязнения им речной воды при сбросе отстоянной промывной воды в реку. Концентрация ПГМГ в отстоянной промывной воде ($V \sim 10\%$ от объема очищенной воды) равнялась 1,5 – 1,9 мг/дм³. Следовательно, есть вероятность попадания существенных количеств ПГМГ (в данном случае $\sim 16 – 32\%$ из 9,5 – 24,4 мг, содержащихся в 7 – 12 дм³ отстоянной днепровской воды, пропущенной через фильтр) в окружающую среду.

Выводы. Таким образом, ПГМГ в водной среде проявляет свойства катионного флокулянта. Дозы ПГМГ 1 – 5 мг/дм³, необходимые для первичного обеззараживания днепровской и деснянской вод, улучшают также процесс осветления при совместной с СА обработке речных вод и

способствуют повышению качества фильтрата по основным показателям. Однако указанные дозы на 1 – 2 порядка превышают рекомендуемые дозы эффективных высокомолекулярных флокулянтов катионного типа [9]. В процессе фильтрования $\geq 99\%$ ПГМГ задерживается загрузкой песчаного фильтра, что вызывает необходимость заключительного обеззараживания фильтрата.

При повторной обработке фильтрата ПГМГ [3 – 5] для достижения нормируемого по микробиологическим показателям качества очищенной воды необходима доза ПГМГ не менее 1 мг/дм^3 [10], что может привести к вторичному загрязнению очищенной воды органическими примесями, сопоставимому с эффектом, достигнутым за счет его флокулирующего действия на первой стадии очистки. Для предотвращения попадания ПГМГ в окружающую среду необходим контроль его содержания в сбрасываемых промывных водах.

Резюме. Вивчено флокулюючу здатність полігексаметиленгуанідину гідрохлориду при спільній з сульфатом алюмінію обробці дніпровської та деснянської вод у весняний період. Показано, що добавки $1 - 5 \text{ мг/дм}^3$ досліджуваної речовини при коагуляційному очищенні річкових вод покращували процес їх освітлення, підвищували якість фільтрату за основними показниками та дозволяли зменшити на $10 - 20 \text{ мг/дм}^3$ дозу коагулянту. Виражений флокулюючий ефект проявлявся при обробці вказаних вод дозами полімерного препарату відповідно $3 - 5$ та $2 - 3 \text{ мг/дм}^3$. Сам полігексаметиленгуанідин (без коагулянту) забезпечував нормовану якість фільтрату по кольоровості і мутності лише при обробці слабо забарвленої деснянської води. Встановлено, що $\geq 99\%$ полігексаметиленгуанідину затримувалось завантаженням піщаного фільтру.

*V.V. Goncharuk, V.F. Vakulenko, J.O. Shvadchyna,
L.M. Oleynik, T.N. Sytnichenko*

THE EFFECT OF POLYHEXAMETHYLENE GUANIDINE HLORIDE ON THE PURIFICATION EFFICIENCY OF RIVER WATERS BY MEANS OF COAGULATION

Summary

The flocculating effect of polyhexamethylene guanidine chloride in the course of treatment of waters from Dnieper and Desna rivers together with aluminium sulphate has been studied. It has been shown that coagulating in

the presence of 1 – 5 mg/dm³ of investigated substance provided a high rate of clarification of river waters, improved the main parameters of filtrate quality and lowered the required coagulant doses on 10 – 20 mg/dm³. The evident flocculating effect developed at doses of polymeric reagent 2 – 3 and 3 – 5 mg/dm³ during treatment of water from Desna and Dnieper river respectively. Application of polyhexamethylene guanidine chloride alone (without coagulant) lowered the color and turbidity of filtrate up to the quality of drinking water only for the less colored water from Desna river. It was found that more than 99% of polyhexamethylene guanidine was detained by medium of sand filter.

1. *Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод* / А.К. Запольський, Н.А. Мішкова-Клименко, І.М. Астрелін та інші. – Київ: Лібра, 2000. – 552 с.
2. *Кульський Л.А.* Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев: Наук. думка, 1980. – 564 с.
3. *Кузнецов О.Ю., Данилина Н.И.* // Водоснабж. и сан. техника. – 2000. – №10. – С. 8 – 10.
4. *Кузнецов О.Ю.* // Там же. – 2002. – № 7. – С. 8 – 10.
5. *Ефимов К.М., Гембицкий П.А., Дюмаева И.В., Данилина Н.И.* // Там же. – 2001. – № 6. – С. 13 – 17.
6. *Гончарук В.В., Терлецкая А.В., Иевлева О.С. и др.* // Химия и технология воды. – 2006. – **28**, № 6. – С. 558 – 570.
7. *Топкин Ю.В.* // Там же. – 2001. – **23**, № 4. – С. 387 – 394.
8. *Ефимов К.М., Гембицкий П.А., Снежко А.Г.* // Дезинфекцион. дело. – 2000. – №4. – С. 25 – 31.
9. *Катаев В.В., Помосова Н.Б., Становских А.А. и др.* // Водоснабж. и сан. техника. – 2005. – № 10. – С. 11 – 16.
10. *Гончарук В.В., Потапченко Н.Г., Косинова В.Н., Левадная Т.И.* // Химия и технология воды. – 2006. – **28**, № 5. – С. 491 – 504.
11. *Вода питна.* Нормативні документи: У 2 т. / Під ред. В.Л. Іванова. – Львів: НТЦ "Леонорм-стандарт", 2001. – Т. 2. – 234 с.
12. *СанПиН 2.1.4.1074-01.* Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – М.: Фед. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.

Ин-т коллоид. химии и химии воды
им. А. В. Думанского НАН Украины,
г. Киев

Поступила 20.06.2006