

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АКТИВИРОВАНИЯ РАСТВОРОВ КОАГУЛЯНТА СУЛЬФАТА АЛЮМИНИЯ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

Степан Эпоян, Станислав Душкин<sup>1</sup>, Тамара Айрапетян<sup>2</sup>

1. Харьковский национальный университет строительства и архитектуры  
Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Сумская, 40  
E-mail: D.akaSS@mail.ru

2. Харьковский национальный университет городского хозяйства им. А.Н. Бекетова  
Адрес: Украина, г. Харьков, ул. Революции, 12  
E-mail: [tamara78kh2008@rambler.ru](mailto:tamara78kh2008@rambler.ru)

**Аннотация.** Рассматриваются теоретические основы влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия, используемого при подготовке питьевой воды. Приведены теоретические предпосылки, объясняющие механизм повышения эффективности работы водопроводных сооружений при подготовке питьевой воды с применением активированного раствора коагулянта сульфата алюминия.

**Ключевые слова:** подготовка питьевой воды, активированные растворы, электрокинетический потенциал, адсорбционная емкость, интенсификация процессов очистки воды.

### ВВЕДЕНИЕ

Для очистки воды поверхностных источников водоснабжения, которые обеспечивают водой около 75% населения Украины, от грубодисперсных, коллоидных и других загрязнений, наибольшее распространение получила физико-химическая технология, в которой процессы отстаивания и фильтрования являются важными элементами систем водоснабжения при подготовке питьевой воды [4,9,13].

Анализ существующих методов улучшения эффективности работы очистных сооружений при подготовке питьевой воды свидетельствует о том, что наиболее перспективными являются методы, связанные с модернизацией существующих и разработкой новых методов и конструкций водоочистных аппаратов.

Одним из наиболее распространенных методов очистки воды от грубо-дисперсных и коллоидных загрязнений является метод обработки воды коагулянтами, однако этот метод требует усовершенствования, а именно: повышение скорости формирования и выпадения коагулированной взвеси в осадок. Недостатком данного метода является значительный расход реагентов при неблагоприятных условиях коагуляции: недостаточная щелочность, высокая цветность воды и низкая температура воды, осветляемой в осенне-зимний период года [6,10].

Рассматриваемый в данной статье метод повышения эффективности работы очистных сооружений водопровода посредством использования активированного раствора реагента сульфата алюминия позволяет снизить расход реагентов, улучшить качество очистки воды, увеличить производительность очистных сооружений. Поэтому изучение особенностей

процесса, влияния различных факторов на качество очистки природных вод, научное обоснование и разработка выбора технологического режима активации раствора коагулянта сульфата алюминия для повышения эффективности работы очистных сооружений является актуальной задачей [1,3].

### АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

В настоящее время особое внимание уделяется интенсификации процесса очистки природных и сточных вод, совершенствованию технологии и разработке новых эффективных методов очистки, что позволит упростить существующую технологию обработки воды, сократить трудоемкие процессы приготовления и дозирования реагентов, уменьшить затраты на эксплуатацию очистных сооружений, увеличить их производительность, повысить качество и уменьшить себестоимость очищенной воды [2,5,18].

Известно много методов и способов, применяемых для улучшения физико-химических условий водообработки. Среди них наиболее распространены методы, связанные с использованием рациональных технологически обоснованных схем, модернизацией существующих и разработкой новых конструкций водоочистных аппаратов, внедрение которых в практику водоподготовки не всегда возможно по техническим, экономическим и другим причинам (приготовление и дозирование химических реагентов требует специального оборудования, необходимы дополнительные площади, а иногда и дополнительный обслуживающий персонал и т.д.) [17,19].

Обработка воды активированным раствором коагулянта позволяет увеличить гидравлическую

крупность коагулированной взвеси. Наиболее сильное влияние активированный раствор коагулянта оказывает на гидравлическую крупность взвеси 0,2мм/с и меньше, т.е. на наиболее мелкую и трудноудаляемую взвесь, что создает условия для более интенсивного осаждения ее в отстойниках и повышения качества осветления воды, подаваемой на скорые фильтры [20].

Установлено, что эффективность осветления воды при использовании активированных растворов коагулянтов сульфата алюминия зависит в значительной степени от параметров активации: напряженности магнитного поля и содержания в растворе анодно-растворенного железа, оптимальные значения которых зависят, прежде всего, от качественных показателей осветляемой воды [21,22].

Обработку воды активированным раствором коагулянта целесообразно выполнять при содержании в осветляемой воде взвешенных веществ до 100-250мг/дм<sup>3</sup>. Цветность осветляемой воды при обработке активированным раствором коагулянта сульфата алюминия не зависит от содержания взвешенных веществ и в 1,5-1,6 раза ниже цветности при использовании обычного раствора коагулянта [23].

Выполненные исследования показывают, что использование активированного раствора коагулянта сульфата алюминия при очистке воды позволяет снизить остаточное содержание алюминия в осветленной воде в среднем на 45-50% и этим самым повысить экологическую безопасность воды [7].

Применение в процессе очистки воды активированных растворов коагулянтов позволяет снизить дозы реагентов, используемых при очистке воды в среднем на 30% (сульфат алюминия) без ухудшения качества фильтрата, увеличить пропускную способность фильтров в среднем на 40%, что позволяет повысить эффективность работы всей системы очистных сооружений в целом [24].

Результаты исследований использованы при разработке технологической документации для промышленного внедрения активированного раствора коагулянта сульфата алюминия в технологической схеме очистки воды на очистных сооружениях водопровода КПП «Краматорский водоканал» г. Краматорска, КП «Светловодский горводоканал» г. Светловодска. Разработана проектная документация для внедрения технических решений по повышению эффективности работы очистных сооружений хозяйственно-питьевого водопровода г. Воронежа (Российская Федерация).

## ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целью данной работы является выполнение специальных исследований, позволяющих обосновать теоретические предпосылки интенсификации процессов очистки воды с помощью активированного раствора коагулянта сульфата алюминия.

Для достижения поставленной задачи исследовано влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на электрокинетический потенциал примесей в процессах очистки воды и изменение адсорбционной емкости гидроксида алюминия при обработке воды активированным раствором коагулянта.

Активирование раствора коагулянта осуществляется в специальном устройстве, предусматривающем образование ионных ассоциатов, возникающих вследствие магнитной обработки и закрепление их анодно-растворенным железом [14,15].

Теория образования ионных ассоциатов при магнитной обработке раствора обоснована в трудах Классена В.И., Терновцева В.Е. и др. [16].

## ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

При очистке природных вод от коллоидных и грубодисперсных загрязнений главными критериями полноты протекания процесса коагуляции можно считать величину  $\xi$ -потенциала, характеризующую агрегативную устойчивость коллоидных систем и адсорбционную емкость гидроксида алюминия, образующегося в процессе очистки воды [11,12]. При значении  $\xi$ -потенциала ( $\xi=0$ ), коллоидная частица не несет на себе заряд по отношению к вододисперсной среде, поэтому гидратная оболочка минимальная, что соответствует изoeлектрическому состоянию частиц и наиболее выраженному процессу коагуляции. Адсорбция примеси на гидроксиде алюминия зависит в основном от природы адсорбентов, характера адсорбированных веществ и ионного состава природных вод.

Агрегативная устойчивость коллоидных систем определяется не только наличием электростатических сил отталкивания, но и другими факторами, основным из которых является гидратация частиц, т.е. образование на их поверхности оболочек из молекул дисперсионной среды. В гидрофобных золях после достижения пороговых концентраций электролитов, наблюдаются явные признаки коагуляции, поскольку происходит сжатие двойного слоя и соответствующее уменьшение гидратных оболочек, что позволяет коллоидным частицам сблизиться на расстояние, при котором энергия их взаимного притяжения превышает энергию теплового (броуновского) движения. Изменение толщины диффузного слоя характеризуется величиной электрокинетического

потенциала ( $\xi$  - потенциала). Чем сильнее размыт диффузный слой, тем выше  $\xi$  - потенциал и, наоборот, при предельном сжатии диффузного слоя  $\xi$  - потенциал приближается к нулю.

Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на  $\xi$  - потенциал коагулированных примесей приведено нами ранее [8]. Основные положения методики проведения экспериментов изложены в работе [25].

Анализ, выполненных нами исследований, показывает, что эффективность влияния активированного раствора сульфата алюминия на гидравлическую крупность коагулированной взвеси при эффективных параметрах активации зависит от содержания взвешенных веществ в осветляемой воде [18,23].

Последнее подтверждается опытными данными, приведенными выше и в табл. 1 и 2.

Установлено, что на снижение  $\xi$ - потенциала золя гидроксида алюминия незначительно (2,9-5,4%) влияет магнитная активация, несколько больше – электрокоагуляционная активация, где раствор насыщается анодно-растворенным железом. Максимальное снижение  $\xi$ - потенциала золя  $Al(OH)_3$  достигается при магнитно-электрической активации. Наибольшее снижение – при напряженности магнитного поля 350 кА/м и содержании анодно-растворенного железа – 525 мг/дм<sup>3</sup>.

Адсорбция коллоидных частиц зависит от их дисперсности – адсорбция коллоидов тем больше, чем выше их дисперсность и чем меньше

их устойчивость. В обычных условиях с уменьшением устойчивости коллоидов всегда понижается и степень их дисперсности. Под действием этих двух противоположно влияющих на адсорбцию факторов кривая, изображающая зависимость адсорбируемости коллоидов от их дисперсности, проходит через максимум. Было отмечено, что адсорбционная устойчивость коллоидов не всегда совпадает с устойчивостью по отношению к электрокоагуляции. Вследствие этого был введен термин «адсорбционная устойчивость». Защищенные золи адсорбируются хуже незащищенных, однако те концентрации электролитов, которые не вызывают еще явной коагуляции, часто оказываются достаточными для уничтожения адсорбционной устойчивости защищенных золой.

При наличии  $\xi$ - потенциалов одинакового знака у адсорбентов и адсорбтива он является препятствием для адсорбции, и ее емкость понижается. При адсорбции частиц,  $\xi$ - потенциал которых противоположен по знаку потенциалу адсорбента, электростатические и Ван-дер-Ваальсовские силы адсорбции действуют в одном направлении, в результате чего адсорбируемость золя и его адсорбционная емкость возрастают. Однако, когда электрические заряды золя различны по знаку, наличие высокого  $\xi$ - потенциала золя должно уменьшить его адсорбируемость. Это обусловлено тем, что, обладая большим  $\xi$ - потенциалом, частицы приобретают высокую агрегативную устойчивость, препятствующую их сближению друг с другом в адсорбционном слое.

Таблица 1. Влияние активированного раствора сульфата алюминия на эффективность осветления воды  
Table 1. Effect activated solution of aluminum sulfate in water clarification efficiency

Содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм <sup>3</sup>	Остаточное содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>		Эффект осветления воды, %	Примечания
	обычный раствор коагулянта	активированный раствор коагулянта		
25	3,3	2,6	128,5	1. Гидравлическая крупность коагулированной взвеси 0,2мм/с. 2. Температура осветляемой воды 2,5-3,5°С. 3. Параметры активации эффективные.
50	3,8	2,9	131,2	
100	3,5	2,5	150,4	
150	3,2	2,0	159,5	
200	3,9	2,6	149,6	
250	4,6	3,1	148,1	
300	5,2	4,1	127,7	

Таблица 2. Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на остаточное содержание взвешенных веществ в осветляемой воде

Table 2. Influence activated coagulant solution of aluminum sulfate in the residual content of suspended solids in the water lightens

Содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм <sup>3</sup>	Напряженность магнитного поля, кА/м	Содержание в растворе анодно-растворенного железа, мг/дм <sup>3</sup>	Остаточное содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм <sup>3</sup>		Примечание
			Обычный раствор коагулянта	Активированный раствор коагулянта	
25	200	150	5,8	4,6	1. Гидравлическая крупность коагулированной взвеси 1,2мм/с. 2. Температура осветляемой воды 10,5-11,5°C. 3. Параметры активации эффективные.
50	250	175	7,1	5,4	
100	300	250	7,7	5,3	
150	400	525	7,5	5,1	
200	525	675	8,3	5,8	
250	675	800	7,9	5,8	
300	950	875	8,1	6,3	

Адсорбционная активность гидроксида алюминия также зависит от природы адсорбентов, от характера адсорбированных веществ и ионного состава природных вод.

Изменение  $\xi$ -потенциала золя гидроксида алюминия и удельной адсорбционной емкости гидроксида алюминия в зависимости от параметров активации приведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3. Изменение  $\xi$ -потенциала золя гидроксида алюминия в зависимости от параметров активации раствора коагулянта сульфата алюминияTable 3. Change of  $\xi$ -potential of gel of aluminum hydroxide depending on the activation parameters of coagulant solution of aluminum sulfate

Серия опытов	Параметры активации		Величина $\xi$ -потенциала, мВ	Величина доверительного интервала, (а), мВ, ( $\gamma=0,95$ ); (n=4)
	напряженность магнитного поля, Н, кА/м	содержание анодно-растворенного железа, Fe <sup>3+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>		
А	-	-	129,3	127,8<a<131,4
	150	Fe <sup>3+</sup> =	115,5	114,3<a<116,6
	250	550 мг/дм <sup>3</sup>	109,6	108,1<a<110,3
	450	раствора	107,7	106,2<a<101,4
	550	коагулянта (const)	110,3	109,3<a<111,5
	650		113,5	112,5<a<114,6
Б	Н=350 кА/м (const)	-	129,5	128,1<a<131,9
		100	114,3	113,3<a<115,7
		250	109,5	108,8<a<110,4
		350	106,3	105,1<a<107,7
		450	107,4	106,2<a<108,6
		550	110,6	109,2<a<111,9

Таблица 4. Изменение удельной адсорбционной емкости гидроксида алюминия в зависимости от параметров активации раствора коагулянта сульфата алюминия  
 Table 4. Change of adsorption specific-capacitance of aluminum hydroxide depending on the activation parameters of coagulant solution of aluminum sulfate

Серия опытов	Параметры активации		Удельная адсорбция гуминов на гидроксида сульфата алюминия, $\Gamma_0$ , мг/г	Величина доверительного интервала, (а), мВ, ( $\gamma=0,95$ ); (n=4)
	напряженность магнитного поля, Н, кА/м	содержание анодно-растворенного железа, $Fe^{3+}$ , мг/дм <sup>3</sup>		
В	-	-	345,7	344,2<a<347,5
	125	$Fe^{3+}=$	401,4	396,3<a<402,2
	200	550 мг/дм <sup>3</sup> раствора	401,7	396,8<a<402,8
	350	коагулянта (const)	418,6	416,1<a<419,9
	450		433,5	440,2<a<434,2
	550		432,9	434,5<a<430,3
Г	Н=350 кА/м (const)	-	351,2	349,4<a<353,2
		125	410,5	408,8<a<412,2
		200	415,3	414,1<a<416,6
		350	424,3	421,8<a<424,2
		450	438,6	436,6<a<435,2
		550	448,6	444,9<a<442,3

Результаты выполненных экспериментов показали хорошую воспроизводимость опытных данных в пределах доверительного интервала, рассчитанного на основании четырех параллельно выполненных опытов.

Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на эффективность осветления воды (гидравлическая крупность коагулированной взвеси 0,2мм/с) приведено на рис. 1 и имеет вид:

$$\mathcal{E}=0,0015P^2+0,5079P+114,12. \quad (1)$$

где:  $\mathcal{E}$  – эффективность осветления воды, %;

$P$  – содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм<sup>3</sup>.

Сравнительные данные эффективности осветления воды, полученные опытным и расчетным путем показывают (приведенные в табл. 5 и 6), что полученная зависимость (1) достаточно полно отражает влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на эффективность осветления воды (погрешность в пределах 0,26-4,28%).

Таблица 5. Сравнительные данные эффективности осветления воды активированным раствором коагулянта сульфата алюминия полученные опытным и расчетным путем  
 Table 5. Comparative data efficiency of water clarification activated sodium aluminum sulfate coagulant obtained experimentally and theoretically

Содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность осветления воды, %		Погрешность, %		Примечания
	опытные данные	расчетные данные	абсолютная погрешность	% погрешности	
25	128,5	125,8	2,69	2,09	1. Гидравлическая крупность коагулированной взвеси 0,2мм/с и более 2. Температура осветляемой воды 2,5-3,5°C. 3. Параметры активации эффективные
50	131,2	135,7	-4,54	-3,46	
100	150,4	150,0	0,4	0,26	
150	159,5	156,8	2,74	1,72	
200	149,6	156,1	-6,5	-4,28	
250	148,1	147,8	0,33	0,22	
300	127,7	132,0	-4,32	-4,3	

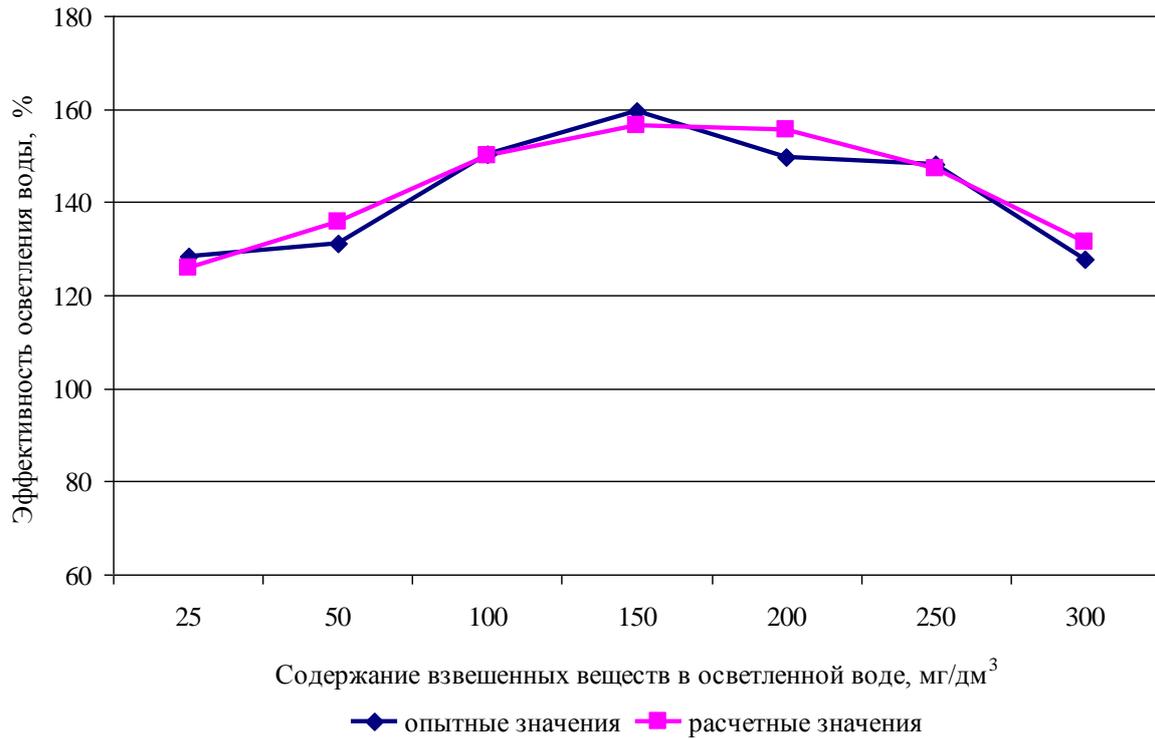


Рис. 1. Влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на эффективность осветления воды  
Fig. 1. Influence activated coagulant solution of aluminum sulfate the efficiency of water clarification

Таблица 6. Сравнительные данные эффективности осветления очищаемой воды канала Северский Донец – Донбасс полученные опытным и расчетным путем  
Table 6. Comparative data efficiency lightening of treated water channel Seversky Donets - Donbas obtained experimentally and theoretically

Содержание взвешенных веществ в осветляемой воде, мг/дм <sup>3</sup>	Остаточное содержание взвешенных веществ, мг/дм <sup>3</sup>		Эффективность осветления воды, %		Погрешность, %	Примечание
	обычный раствор коагулянта	активированный раствор коагулянта	опытные данные	расчетные данные		
20,5	5,4	4,1	131,7	128,3	2,56	Гидравлическая крупность коагулированной взвеси 0,2 мм/с, параметры активации эффективные
22,1	5,6	4,2	133,3	129,2	3,08	
22,8	5,5	4,1	134,1	129,7	3,25	
среднее 21,8	среднее 5,5	среднее 4,1	среднее 133,1	среднее 129,1	среднее 2,96	

Аппроксимация экспериментальных данных в программе Excel позволила вывести зависимости изменения  $\xi$ -потенциала адсорбционной емкости гидроксида алюминия от параметров активации коагулянта сульфата алюминия, которые имеют следующий вид.

- $\xi = 2,96H + 118$  ( $Fe^{3+} = \text{const}$ )  
 $\xi = 2,45Fe^{3+} + 116$  ( $H = \text{const}$ )
- $\Gamma_0 = 9,52H + 389,02$  ( $Fe^{3+} = \text{const}$ )

$$\Gamma_0 = 9,95Fe^{3+} + 397,71 \quad (H = \text{const}),$$

где  $\xi$  – электрокинетический потенциал, мВ;

$\Gamma_0$  - удельная адсорбционная емкость, мг/г;

$H$  - напряженность магнитного поля, кА/м;

$Fe^{3+}$  - содержание анодно-растворенного железа в растворе коагулянта, мг/дм<sup>3</sup>.

Сравнительные данные изменения  $\xi$ -потенциала и адсорбционной емкости гидроксида алюминия, полученных расчетным и опытным путем приведены в табл. 7.

Таблица 7. Сравнительные данные изменения  $\xi$ -потенциала и адсорбционной емкости гидроксида алюминия, полученных расчетным и опытным путем

 Table 7. Comparative data changes  $\xi$ -potential and adsorption capacity of aluminum hydroxide, obtained by calculation and empirically

Серия опытов	Параметры активации		Величина $\xi$ -потенциала, мВ		Удельная адсорбционная емкость, $\Gamma_0$ , мг/г	
	напряженность магнитного поля, Н, кА/м	содержание анодно-растворенного железа, $\text{Fe}^{3+}$ , мг/дм <sup>3</sup>	расчетным путем	опытным путем	расчетным путем	опытным путем
Д	-	-	-	130,5	-	344,2
	200	$\text{Fe}^{3+} =$	112,6	111,9	398,8	399,2
	350	350 мг/дм <sup>3</sup>	111,2	111,8	420,5	415,1
	450	раствора коагулянта	106,5	107,3	424,6	421,3
	550	(const)	111,2	112,4	431,5	433,6
Е	-	-	-	129,8	-	353,3
	H=450 кА/м	150	112,5	119,2	408,6	410,1
	(const)	250	108,1	107,8	421,5	422,5
		375	107,6	106,6	436,5	442,3
		425	108,4	109,1	435,8	443,6

Проведенная аппроксимация экспериментальных данных полученных зависимостей в программе Excel позволяет анализировать влияние параметров активации раствора коагулянта сульфата алюминия на  $\xi$ -потенциал и адсорбционную емкость золя гидроксида алюминия, образующихся в процессе очистки воды и использовать полученные зависимости в практических расчетах.

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, механизм влияния активированных растворов реагентов на процессы очистки воды можно объяснить следующими факторами:

1. Наложение на водные растворы внешнего магнитного поля изменяет их структуру и создает условия для образования ионных ассоциатов субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности;
2. Возникшие под влиянием магнитного поля ионные ассоциаты являются зародышами новой фазы ассоциатов субмикроскопической и коллоидной степени дисперсности и после их стабилизации выполняют роль дополнительных центров коагуляции;
3. Стабилизация ионных ассоциатов осуществляется с помощью анодно-растворенного железа, содержание которого не превышает 1000-1500 мг/дм<sup>3</sup> 10% раствора коагулянта сульфата алюминия.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бабенков С, 1977. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука. – 356.
2. Валкина Е., Вернези С., Николаенко И., Богущкий П., 2010. Использование методов водочистки в новейших энергосберегающих технологиях // MOTROL. – № 12С. – 114-120.
3. Василенко А., Грабовский П., Ларкина Г. и др., 2007. Реконструкция и интенсификация сооружений водоснабжения и водоотведения: Учебн. пособие. – К. - Одесса: КНУСА, ОГАСА. – 307.
4. Вишневский В., Шашук В., Сакевич А, 2011. Водогосподарський комплекс у басейні Дніпра: Наукове видання. – К.: Інтерпрес ЛТД. – 188.
5. Гончарук В., Клименко Н., Врубель Т., и др. 2006. Современные технологии подготовки питьевой воды // Химия и технология воды. – Т. 28. – №1. – 3-10.
6. Грабовский П., Ларкина Г., Прогульный В, 2003. Очистка природных вод: Учебное пособие. – Одесса: ОГАСА. – 267.
7. Душкин С., 2013. Санитарно-экологические требования к качеству питьевой воды // Мат. научно-технической интернет конф. "Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий". – Харьков: ХНАГХ, 82-83.

8. Душкин С., 2012. Методологические аспекты проведения исследований при использовании активированных растворов коагулянтов в процессе очистки воды // Комунальне господарство міст. – Харків, ХНАМГ. – Вип. 105. – 320-334.
9. Журба М., Соколов Л., Говорова Ж, 2010. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений: в 3т Т.2. Очистка и кондиционирование природных вод – изд. 3-е, перераб. и доп.: Учебное пособие. – М.: Издат. АСВ. – 532.
10. Журба М., Любина Т., Мезенцева С. и др., 1994. Новые решения в подготовке питьевых вод // Водоснабжение и санитарная техника. - №1.
11. Куликов Н., Найманов А., Омельченко Н., Чернышов В., 2009. Теоретические основы очистки воды: Учебное пособие. – Донецк: Издат. «Ноулидж» (Донецкое отделение). – 298.
12. Кульский Л., 1980. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – К.: Наук. думка. – 564.
13. Найманов А., Никиша С., Насонкина Н., Омельченко Н., Маслак В., Зотов Н., Найманова А, 2006. Водоснабжение. – Донецк: ООО «Норд Комп'ютер». - 654.
14. Пат. 103698 Україна, МПК C02 F1/48. Пристрій для активації розчинів реагентів / Епоян С.М., Душкін С.С., Шевченко Т.О., Айрапетян Т.С.; заявник та власник ХНУБА, ХНМГ - № а 201203185; заявл. 19.03.2012; опубл. 11.11.2013, Бюл. №21.
15. Пат. 103295 Україна, МПК C02 F1/48. Спосіб приготування розчину алюмоаміачного коагулянту для очищення природних і стічних вод / Епоян С.М., Душкін С.С.; заявник та власник ХНУБА - № и 201210965; заявл. 19.09.2012; опубл. 29.09.2013, Бюл. №18.
16. Терновцев В., Пухачев В., 1986. Очистка промышленных сточных вод. – К.: Будівельник. – 120.
17. Тугай А., Орлов О., 2009. Водопостачання. - К.: Знання. – 735.
18. Эпоян С., Благодарная Г., Сташук В., Душкин С, 2013. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды: монографія. – Харків: ХНАГХ. – 190.
19. Эпоян С., Душкин С., 2013. Интенсификация реагентных методов очистки воды // Мат. конф. "Сучасні проблеми охорони довкілля та раціонального використання ресурсів у водному господарстві", (22-26 квітня 2013р. м. Миргород).– К.: Т-во "Знання України". – 45-48.
20. Эпоян С., Душкин С, 2012. Влияние активированных растворов сульфата и оксихлорида алюминия на эффективность осветления воды // Науковий вісник будівництва: наук.-техн. зб. – Х.: ХНУБА. ХОТВ АБУ. – Вип. 69. – 348-352.
21. Эпоян С., Душкин С., 2013. Влияние обработки воды активированным раствором коагулянта на параметры фильтрования воды на скорых фильтрах // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова. – Вип. 109. – 65-73.
22. Эпоян С., Душкин С., 2012. Активированные растворы реагентов в процессах очистки природных вод // Водопостачання та водовідведення: Виробничо-практичний журнал. – К.: Гнозіс. - №4. – 8-10.
23. Эпоян С., Душкин С., 2013. Теория и практика использования активированного раствора коагулянта сульфата алюминия для интенсификации работы очистных сооружений водопровода // Матер. междунар. научн.-практ. конф., (23.04.2013 г. Санкт-Петербург, РФ). – С.-П.: ПГУПС. – 72-74.
24. Эпоян С., Душкин С., 2013. Использование активированных растворов реагентов при подготовке экологически чистой питьевой воды // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. – Вип. 63. – 62-66.
25. Эпоян С. Душкин С., 2013. Снижение агрегативной устойчивости коллоидной примеси природных вод активированным раствором коагулянта сульфата алюминия // MOTROL. Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin-Rzeszow. – Vol. 15. – №5. – 11-16.

THEORETICAL BASES ACTIVATION  
COAGULANT SOLUTIONS OF  
ALUMINUM OF SULFATE FOR PREPARATION OF  
DRINKING WATER

**Summary.** Examined influence theoretical bases of the activated solution of coagulant of sulfate of the aluminium used for preparation of drinking-water. Theoretical pre-conditions over are brought, explaining the mechanism of increase of efficiency of work of waterworks at preparation of drinking-water with the use of the activated solution of coagulant of sulfate of aluminium.

**Key words:** preparation drinking water, activated solutions, electrokinetic potential, adsorption capacity, intensification of water treatment.