

УДК 628.01/04 (043)

## ИССЛЕДОВАНИЕ И СОВРЕМЕННЫЙ СПОСОБ ОСВЕТЛЕНИЯ ВОД РЕКИ ВАРЗОБ

## INVESTIGATION AND MODERN METHOD OF LIGHTING WATER OF THE VARZOB RIVER

©Шарипов Ш. К.

Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими  
г. Душанбе, Таджикистан, [shukhrat.s@inbox.ru](mailto:shukhrat.s@inbox.ru)

©Sharipov Sh.

Osimi Tajik technical university  
Dushanbe, Tajikistan, [shukhrat.s@inbox.ru](mailto:shukhrat.s@inbox.ru)

©Хужаев П. С.

Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими  
г. Душанбе, Таджикистан, [parviz0774@inbox.ru](mailto:parviz0774@inbox.ru)

©Khuzhaev P.

Osimi Tajik technical university  
Dushanbe, Tajikistan, [parviz0774@inbox.ru](mailto:parviz0774@inbox.ru)

©Муродов П. Х.

Таджикский технический университет им. акад. М. С. Осими  
г. Душанбе, Таджикистан, [murodov.8686@mail.ru](mailto:murodov.8686@mail.ru)

©Murodov P.

Osimi Tajik technical university  
Dushanbe, Tajikistan, [murodov.8686@mail.ru](mailto:murodov.8686@mail.ru)

*Аннотация.* В работе рассматривается интенсификация процесса осветления вод реки Варзоб с применением коагулянта и флокулянта для контактной коагуляции. В процессе проведения работы были рассчитаны продолжительности защитного действия различных слоев загрузки фильтра для указанных выше модификаций технологии фильтрования.

Выполнение теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации процесса осветления воды р. Варзоб подтвердили технологическую и экспериментальную целесообразность использования активированной кремниевой кислоты. В работе приведен технологический процесс, который является наиболее эффективным.

*Abstract.* This paper considers the intensification of the water clarification process Varzob River using a coagulant and flocculent for contact coagulation.

In work, the intensification of the process of clarification of waters of the Varzob River with the application of a coagulant and flocculant for contact coagulation is considered. In the course of carrying out work durations of protective action of various layers of loading of the filter for the modifications of the technology of filtering stated above have been calculated.

The performance of theoretical and pilot studies on an intensification of the process of clarification of water of the Varzob River have confirmed technological and experimental expediency of use of the activated silicon acid. A technological process which is the most effective is given in work.

*Ключевые слова:* коагулянт, фильтр, суспензии гидроокиси алюминия, подача реагентов.

*Keywords:* coagulant, filter, aluminum hydroxide slurry feed reactant.

Одним из важнейших факторов национальной безопасности любой страны является обеспечение населения питьевой водой.

Питьевая вода — необходимый элемент жизнеобеспечения населения, ибо от ее качества, количества и бесперебойной подачи зависят состояние здоровья людей, уровень их санитарно-эпидемиологического благополучия, степень благоустройства жилищного фонда и городской среды, стабильность работы коммунально-бытовой сферы. Показатели физико-химического состава воды р. Варзоб представлены в Таблице 1.

В последние годы заметно прогрессируют загрязнения и подземных вод, которые проникают со сточными и производственными водами в водоносные горизонты.

Забираемая вода с реки Варзоб, проходит технологическую обработку по следующей схеме. Технологическая схема обработки воды на водоочистной станции г. Душанбе приведена на Рисунке 1.

Таблица 1.

ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОДЫ Р. ВАРЗОБ

<i>Наименование показателей</i>	<i>Концентрация</i>
Водородный показатель, рН	7,9–8,15
Сухой остаток, мг/л	228–335
Жесткость общая, мг–экв/л	1,2–2,2
Мутность, мг/л	23–6220
Цветность, град	до 40
Запах, балл	До 2
Щелочность, мг–экв/л	2,1–3,1
Железо мг/л	0,2–0,5
Кальций, мг–экв/л	1,1–2,1
Магний, мг–экв/л	0,3–0,35
Коли–индекс	23– 238
Нитриты, мг/л	0– 0,034
Нитраты, мг/л	1,1–1,8

Исследование процесса осветления воды фильтрованием при использовании добавок АК для интенсификации процесса фильтрования флокулированных суспензий гидроокиси алюминия (ФПФ+АК) и при применении процесса контактной коагуляции (КОК) наблюдается аналогичное увеличение продолжительности фильтра и возрастание темпа прироста потери напора в его загрузке по сравнению с процессом ФПФ (фильтрование предварительно флокулированных суспензий гидроокиси алюминия). Интересно сравнить возможности методов ФПФ+АК и КОК, используя количественные характеристики процессов.

На основе экспериментально полученных кинетических кривых осветления фильтруемых суспензий были рассчитаны продолжительности защитного действия различных слоев загрузки фильтра для указанных выше модификаций технологии фильтрования (Таблица 2).

Процесс коагуляции является практически единственным способом очистки воды от загрязнений обуславливающих мутности и цветности, органических и неорганических, природных и антропогенных загрязнений (взвешенных, коллоидных и растворенных). При правильно проведенном процессе коагуляции и осветления воды, можно полностью удалить взвешенные вещества, снизить цветность воды до необходимой величины, уменьшить концентрацию общих органических загрязнений, характеризуемых показателем перманганатной окисляемости, на 50–65%.

Таблица 2.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ФИЛЬТРА ТЗД (Ч)  
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СХЕМАХ ФИЛЬТРОВАНИЯ  
 И РАЗНОЙ ТОЛЩИНЕ ФИЛЬТРУЮЩЕЙ ЗАГРУЗКИ

Схемы фильтрования	Доза АК, мг/л	Толщина загрузки			Схемы фильтрования	Доза АК, мг/л	Толщина загрузки		
		100 см	80 см	50 см			100 см	80 см	50 см
ФПФ КОК	—	0,50	0,38	0,20	ФПФ+ +АК	1,0	1,58	1,33	0,83
	—	1,83	1,25	0,58		1,5	2,33	2,00	1,17
	—	—	—	—		2,0	2,83	2,42	1,50
	—	—	—	—		3,0	3,83	3,08	—
	—	—	—	—		4,0	4,75	4,08	2,42

При коагулировании удаляются ионы тяжелых металлов, а также истинно растворенные микрозагрязнения, такие, например, как СПАВ от 30 до 100%, фенолы, амины, а также нефтепродукты, пестициды от 10 до 90% и радиоактивные вещества на 70–90%. К трудноудаляемым ионам относятся стронций, йод, барий (не более 30%).

Применение активной кремнекислоты для интенсификации процесса контактной коагуляции (КОК + АК) затрудняется малой изученностью процесса и отсутствием четких представлений о рациональном способе введения коагулянта и АК.

При осуществлении процесса КОК + АК могут быть применены следующие способы подачи реагентов:

I. Коагулянт и АК вводят перед загрузкой фильтра отдельными распределительными системами с самостоятельными дозирующими устройствами из отдельных емкостей (способ а).

II. Реагенты вводят самостоятельными дозирующими устройствами из отдельных емкостей; перед подачей воду сливают и подают одной распределительной системой перед загрузкой фильтра (способ б).

III. Реагенты дозируют из одной емкости (смесь коагулянта и АК) и подают на фильтр одной распределительной системой (способ в).

Для осуществления способа III необходимо предварительно установить стабильность свойств смеси растворов коагулянта и АК при определенной длительности хранения. В качестве показателя стабильности свойств смеси была использована оптическая плотность, которая резко меняется при нарушении агрегативной устойчивости и однородности раствора.

Исследования по выяснению влияния способа введения коагулянта и АК перед загрузкой фильтра проводились при различных дозах коагулянта и АК, при разных температурах, на фильтрах с различным материалом загрузки.

На фильтре с однородной песчаной загрузкой (зерна песка диаметром 1,2 мм) при скорости фильтрования 9 м/ч и температуре суспензии 20 °С были исследованы три указанных выше способа подачи реагентов. Доза коагулянта (сернокислого алюминия) в пересчете на гидроокись составляла 20 г/л, доза АК (по SiO<sub>2</sub>) — 0,1 мг/л. (Рисунок 1).

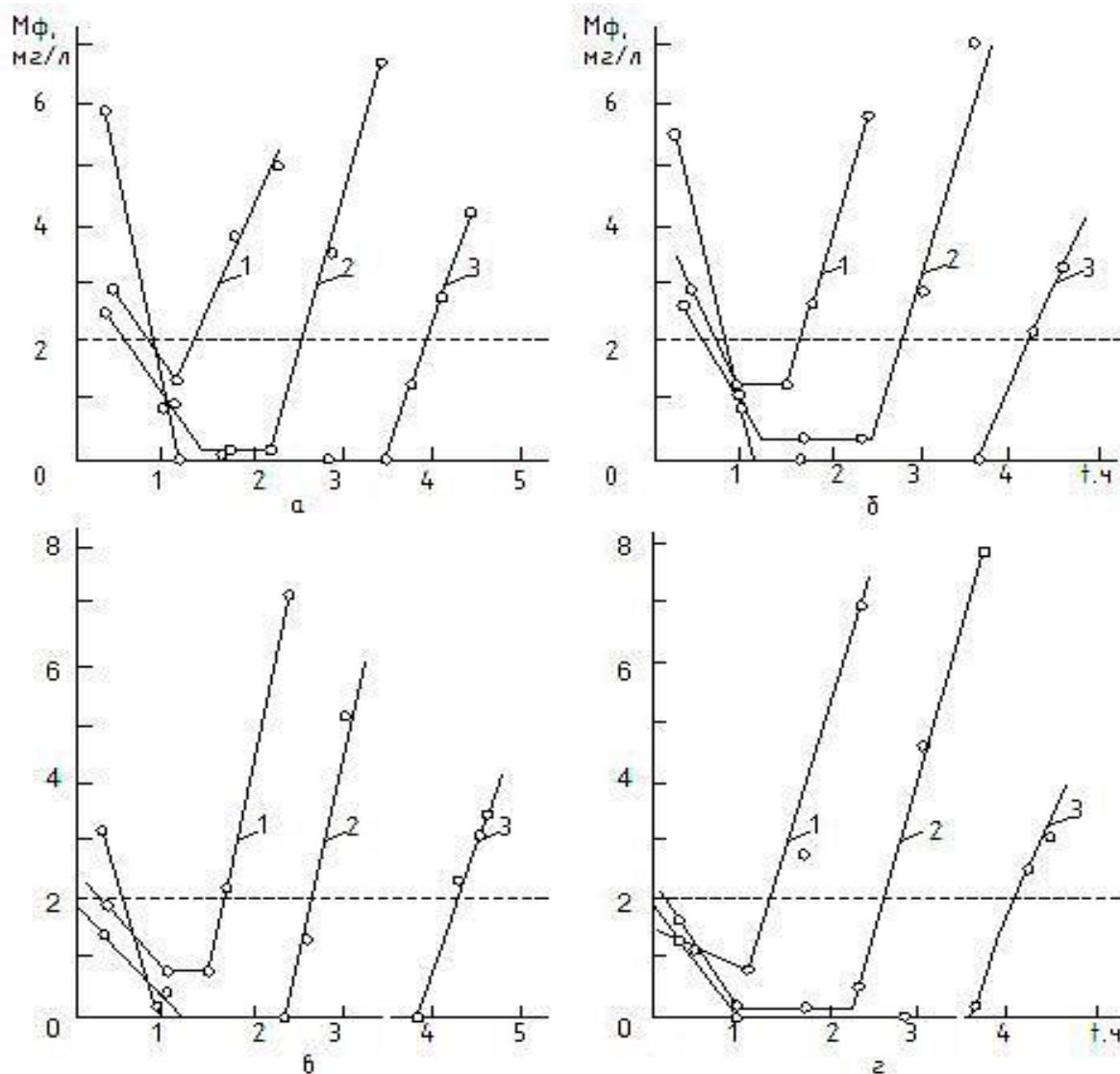


Рисунок 1. Зависимость продолжительности защитного действия фильтра от способа введения коагулянта и АК перед загрузкой фильтра:

а — один коагулянт; б — реагенты вводятся раздельно; в — смешиваются перед подачей в воду; г — подаются в виде смеси: 1 — толщина загрузки фильтра 60 см; 2 — 100 см; 3 — 150 см.

На Рисунке 1 приведены кинетические кривые осветления суспензии гидрооксида алюминия при этих способах подачи реагентов и при введении одного коагулянта перед загрузкой фильтра. Рассмотрение кинетических кривых для различных слоев загрузки при контрольном опыте (один коагулянт) показывает наличие в начале процесса периода, в течение которого мутность осветленной воды превышает нормы. Так называемый период «зарядки» фильтрующего слоя  $t_{зд}$  предшествует периоду стабильного осветления воды, на протяжении которого качество фильтра очень высокое — практически полностью осветленная вода. Время «зарядки» для слоев различной толщины колеблется в узких пределах — 35–50 мин. В связи с этим время «зарядки» для слоев малой толщины по отношению к суммарной длительности работы фильтра до момента проскока в фильтрат мутности воды более 1,5 мг/л —  $t_c$  составляет значительную часть — до 50%, что существенно сокращает время защитного действия слоя —  $t_{зд}$  (Таблица 3).

Таблица 3.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ ФИЛЬТРУЮЩИХ СЛОЕВ  
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВВЕДЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ( $\Theta = 20^\circ \text{C}$ , АК = 0,1 МГ/Л)

Толщина фильтрующего слоя, см	Один коагулянт			Способ I			Способ II			Способ III		
	$t_{c,ч}$	$t_{з,ч}$	$t_{зд,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$	$t_{c,ч}$
60	1,25	0,75	0,5	1,58	0,58	1,0	1,66	0,33	1,33	1,42	0	1,42
100	2,58	0,58	2,0	2,83	0,58	2,25	2,66	0	2,66	2,66	0,08	2,58
150	3,92	0,83	3,09	4,25	0,75	3,50	4,25	0,5	3,75	4,08	0,16	3,92

При использовании АК в качестве добавки к коагулянту длительность работы фильтрующих слоев до норм ( $t_c$ ) повышается в соответствии с дозой АК (0,1 мг/л) и для всех трех способов подачи реагентов практически одинакова. Однако претерпевает изменения время «зарядки» слоев  $t_3$ : в ряду I–II–III способ время «зарядки» слоев уменьшается (35÷45 мин) — (20÷30 мин) — (0÷10 мин). В результате этого при введении коагулянта и АК в виде смеси (способ II) грязеемкость фильтрующих слоев и длительность защитного действия фильтра ( $t_{зд}$ ) больше по сравнению с отдельной подачей реагентов на фильтр (способ I). Однако это преимущество небольшое (20÷25 мин), что в зависимости от толщины слоев составляет 12–33%. Из сравнения результатов фильтрования при II и III способах подачи реагентов следует, что эффективность их одинакова.

Таблица 4.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ СЛОЕВ ФИЛЬТРА  $t_{зд}$  (Ч)  
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВВЕДЕНИЯ РЕАГЕНТОВ ( $\Theta = 5^\circ \text{C}$ , АК = 0,1 МГ/Л)

Толщина фильтрующего слоя, см	Способ I	Способ III	Толщина фильтрующего слоя, см	Способ I	Способ III
80	1,33	1,33	150	2,58	2,25 I
100	1,75	1,66	170	—	2,92 I
120	2,08	1,97	200	3,66	3,66

При сохранении неизменными всех условий предыдущего опыта, но при снижении температуры суспензии до  $5^\circ \text{C}$  зависимость протекания процесса от способа введения реагентов не изменяется: продолжительность защитного действия слоев при I и III способах введения реагентов практически одинакова (Таблица 3).

Увеличение дозы АК до 0,3 мг/л показывает некоторое преимущество способа I — отдельного введения реагентов.

Таблица 5.

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ ЗАЩИТНОГО ДЕЙСТВИЯ СЛОЕВ ФИЛЬТРА  $t_{зд}$  (Ч)  
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВВЕДЕНИЯ РЕАГЕНТОВ (АК = 0,3 МГ/Л)

Толщина фильтрующего слоя, см	Способ I	Способ III	Толщина фильтрующего слоя, см	Способ I	Способ II
40	0,83	0,50	100	2,00	1,66
60	1,42	0,75	120	2,42	2,17
80	—	1,42	150	3,08	2,75

При этом способе осадок, образующийся в загрузке, более прочен, менее подвержен разрушающему действию гидродинамических сил потока.

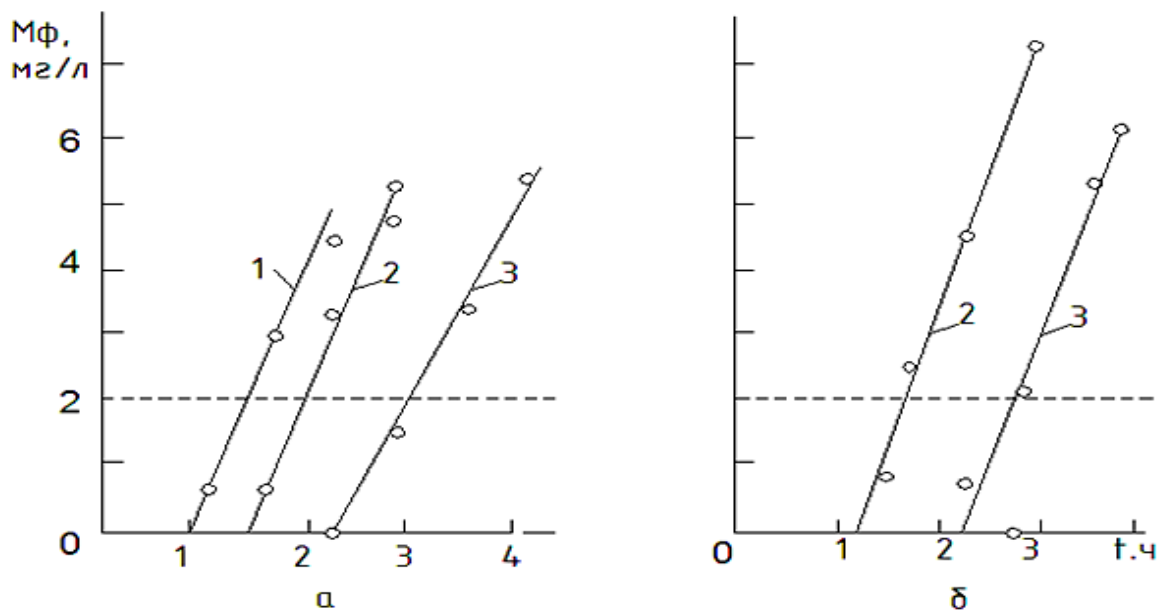


Рисунок 2. Зависимость продолжительности защитного действия фильтра от способов введения коагулянта АК: а — реагенты вводятся отдельно; б — в виде смеси; 1 — толщина загрузки фильтра 60 см; 2 — 100 см; 3 — 150 см.

Это подтверждается и тем, что прирост потери напора при обоих способах введения реагентов (способ I и III) одинаков. Из этого следует, что осадок занимает в порах одинаковый объем и в равной мере сужает проходное сечение между зернами загрузки, а разрушение осадка (увеличение мутности фильтрата) при раздельном способе введения реагентов наступает позднее, при большей величине разрушающих сил, что свидетельствует о повышенной прочности осадка.

Причем характерно, что варьирование доз АК в достаточно широком диапазоне не изменяет этого вывода: добавки АК, введенные в обрабатываемую воду в смеси с коагулянтом, не дают эффект. Это наглядно подтверждается результатами цикла опытов, проведенных при аналогичных указанным условиям, но при температуре воды 16–18 °С. Дозы АК изменялись в пределах 0,1–1,6 мг/л. Реагенты (коагулянт и АК) предварительно смешанные, подавались перед загрузкой фильтра.

Для остальных слоев темп прироста потери напора несколько больше в случае введения перед фильтром смеси реагентов. Принимая во внимание, что длительность защитного действия фильтра для обоих случаев одинакова (Таблица 6), и учитывая большую грязеемкость загрузки при введении одного коагулянта (об этом свидетельствует большая суммарная длительность работы слоя ( $t_c$ ) за счет времени «зарядки»), можно утверждать, что при введении реагентов в виде смеси в загрузке образуется более рыхлый осадок, занимающий больший объем и оказывающий большее сопротивление гидродинамическим силам потока чем осадок при использовании одного коагулянта. В то же время структура этого осадка более прочная. Об этом свидетельствует тот факт, что длительность защитного действия фильтрующего слоя в обоих случаях одинакова.

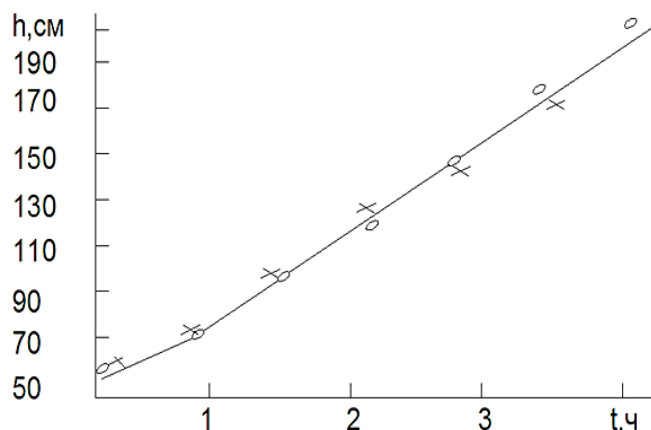


Рисунок 3. Потеря напора в фильтре ( $\Theta = 5^\circ\text{C}$ ) при раздельном способе введения реагентов (o) и при подаче их в виде смеси (x).

В Таблице 3 приведены величины защитного действия различных слоев фильтра  $t_{\text{зд}}$  при введении перед загрузкой смеси коагулянта с разными дозами АК.

Из сравнения графиков изменения потери напора при введении одного коагулянта и коагулянта в смеси с АК (способ III) следует, что темп прироста потери напора и первом, десятисантиметровом слое загрузки для обоих способов одинаков (Таблица 6.).

Таблица 6.

ТЕМП ПРИРОСТА ПОТЕРИ НАПОРА (СМ/Ч) В ФИЛЬТРЕ  
 ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБАХ ВВЕДЕНИЯ РЕАГЕНТОВ (АК = 1 МГ/Л)

Фильтрующие слои	Один коагулянт	Способ III	Способ I
Первый слой 10 см	12,8	12,8	17,2
Второй слой 10 см	3,3	5,0	5,4
Третий слой 20 см	7,5	10,9	10,0
Четвертый слой 20 см	3,2	4,2	4,3

Таким образом, при сравнении графиков изменения потери напора при I и III способах введения реагентов показывает, что при раздельной подаче коагулянта и АК значительно возрастает адгезионная активность хлопьев прироста потери напора при I способе введения реагентов, чем при III, момент разрушения и выноса осадка при I способе наступает значительно (в 4 раза) позже, что свидетельствует о большей прочности его структуры.

Таким образом на основании результатов проведенных выполненных опытов можно заключить, что при осуществлении контактной коагуляции эффект от добавок АК (по сравнению с использованием одного коагулянта) может быть получен только при раздельном вводе коагулянта и АК в обрабатываемую воду. При этом последовательность ввода следующая: сначала вблизи от загрузки фильтра вводится коагулянт, затем непосредственно перед загрузкой — АК.

#### Выводы:

1. Выполнение теоретических и экспериментальных исследований по интенсификации процесса осветления воды р. Варзоб подтвердили технологическую и экспериментальную целесообразности использование флокулянта — активированной кремниевой кислоты получаемый на месте использования.

2. Экспериментальными исследованиями установлена, что расчетную дозу флокулянта следует принимать в пределах от 0,5 до 0,8 мг/л. Такая концентрация флокулянта увеличивает эффект задержания взвешенных вещества в осветлителях со слоем взвешенного осадка на 20–30%, продолжительности фильтроцикла скорого песчаного фильтра до 11–14

часов. Это достигается обеспечением благоприятных условий для агломерации тонкодисперсных взвесей в осветлителях со слоем взвешенного осадка и равномерным задержанием частиц минерального и органического происхождения по всей высоте фильтрующей загрузки песчаного фильтра в результате происходящей контактной коагуляции.

*Список литературы:*

1. Кротов А. П., Маслов А. П., Дубровская Т. В. Применение флокулянтов для интенсификации осаждения примесей в водоочистке // III Международный конгресс «Вода: экология и технология» М., 1998. С. 418.
2. Гончарук В. В., Потапенко Н. Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды // Химия и технология воды. 1998. Т. 20. №2.
3. Харабин А. В. Экологический мониторинг качества воды и оценка барьерной роли сооружений водоподготовки (на примере Северного ковшового водопровода г. Уфы): дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2004.
4. Григорьева Л. В., Салата О. В., Колесникова В. Г. и др. // Химия и технология воды. 1988. Т. 10. №5. С. 458–461.
5. Русанова Н. А. Подготовка воды с учетом микробиологических и паразитологических показателей // Водоснабжение и санитарная техника. 1998. №3.
6. Русанова Н. А., Непаридзе Г. Г., Недачин А. Е. и др. Удаление вирусной микрофлоры при водоподготовке // Водоснабжение и санитарная техника. 1993. №2.
7. Рахманин Ю. А., Жолдакова З. И., Полякова Е. Е. и др. Совместное применение активного хлора и коагулянтов для очистки и обеззараживания питьевой воды // Гигиена и санитария. 2004. №1.
8. Ampholtic polymers and polymeric microemulsions. Пат. 5212184 США. МПК C02F1/56, заявл. 08.09.94, опубл. 30.04.96.
9. Part polymeric–part inorganic coagulant. Заявка 2322128 Великобритания. C02F1/56, заявл. 18.02.97, опубл. 19.08.98.

*References:*

1. Krotov, A. P., Maslov, A. P., & Dubrovskaya, T. V. (1998). Primenenie flokulyantov dlya intensivatsii osazhdeniya primesei v vodoochistke. *III Mezhdunarodnyi kongress "Voda: ekologiya i tekhnologiya"*, Moscow, 418.
2. Goncharuk, V. V., & Potapenko, N. G. Sovremennoe sostoyanie problemy obezzarazhivanie vody. *Khimiya i tekhnologiya vody*, 20, (2).
3. Kharabin, A. V. (2004). Ekologicheskii monitoring kachestva vody i otsenka bareranoi roli sooruzhenii vodopodgotovki (na primere Severnogo kovshovogo vodoprovoda g. Ufy): dis. ... kand. tekhn. nauk. Ufa, 2004.
4. Grigoreva, L. V., Salata, O. V., Kolesnikova, V. G., & al. (1988). *Khimiya i tekhnologiya vody*, 10, (5), 458–461.
5. Rusanova, N. A. (1998). Podgotovka vody s uchetom mikrobiologicheskikh i parazitologicheskikh pokazatelei. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, (3).
6. Rusanova, N. A., Neparidze, G. G., Nedachin, A. E., & al. (1993). Udalenie virusnoi mikroflory pri vodopodgotovke. *Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika*, (2).
7. Rakhmanin, Yu. A., Zholdakova, Z. I., Polyakova, E. E., & al. (2004). Sovmestnoe primeneniye aktivnogo khlora i koagulyantov dlya ochistki i obezzarazhivaniya pit'evoi vody. *Gigiena i sanitariya*, (1).
8. Ampholtic polymers and polymeric microemulsions. Pat. 5212184 SShA. MPK C02F1/56, zayavl. 08.09.94, opubl. 30.04.96.
9. Part polymeric–part inorganic coagulant. Zayavka 2322128 Velikobritaniya. C02F1/56, zayavl. 18.02.97, opubl. 19.08.98.



Работа поступила  
в редакцию 24.03.2017 г.

Принята к публикации  
26.03.2017 г.

---

Ссылка для цитирования:

Шарипов Ш. К., Хужаев П. С., Муродов П. Х. Исследование и современный способ осветления вод реки Варзоб // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №4 (17). С. 39–47. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/sharipov-khujaev> (дата обращения 15.04.2017).

Cite as (APA):

Sharipov, Sh., Khuzhaev, P., & Murodov, P. (2017). Investigation and modern method of lighting water of the Varzob river. *Bulletin of Science and Practice*, (4), 39–47.