

## Интенсификация процесса очистки природных вод с применением флокулянта

*О.Х. Амирзода<sup>1</sup>, Б.Х. Бадавлатова<sup>2</sup>, З.В. Кобули<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Институт водных проблем, гидроэнергетики и экологии НАНТ*

<sup>2</sup>*Таджикский технический университет имени акад. М.С. Осими*

**Аннотация.** В статье рассматриваются вопросы повышения эффективности и надежности системы водоснабжения на примере очистной станции самотечного водопровода. Также рассматриваются некоторые мероприятия по реконструкцию сооружений на бассейнах суточного регулирования. Исследовано применение новой технологии, предусматривающей использование местных коагулянтов в виде сернокислого алюминия совместно с анионным флокулянтом типа «Poly separ» и осветление воды в отстойниках, оснащенных горизонтальными тонкослойными модулями. В результате исследования выявлено, что высокоэффективным является применение анионного флокулянта типа «Poly separ», обладающего флокулирующей и обеззараживающей способностью в процессах водоподготовки. Кроме того, использование флокулянта типа Poly Separ для очистки поверхностных вод в дозе 0,5 - 1,0 мг/л на стадии фильтрации обеспечивает наряду со снижением мутности и цветности, удаление таких загрязнений, как железо, тяжелые металлы, снижение общего микробного числа с 10000 - 1000000 до 100 клеток/мл, так как «Poly Separ» обладает пролонгированным бактерицидным действием.

**Ключевые слова:** водоснабжение, бассейн, регулирование, технология, коагулянт, сернокислый алюминий, анион, флокулянт, обеззараживания, мутность, цветность, осветления, кинетика процесса.

Существующая схема очистки природной воды в бассейнах суточного регулирования очистной станции самотечного водопровода города Душанбе включает первичное отстаивание и обеззараживания гипохлоритом натрия, коагуляцию сернокислым алюминием, отстаивание или осветление в слое взвешенного осадка, фильтрование через кварцевую песчаную загрузку и вторичное обеззараживание гипохлоритом натрия.

Следует отметить, что в зависимости от погодных условий и ухудшения качества воды реки Варзоб данная технология неэффективна и не обеспечивает требуемого качества воды. Мутность воды в ливневых сезонах достигает до 1500 мг/л и более.

Интенсивное поступление загрязняющих веществ с прилегающих территорий наблюдается в период таяния снега и дождевых паводков [1, 2].

Эта отрицательно сказывается на экологической ситуации Варзобского бассейна без возможности естественного сброса ливневых и талых вод [3, 4].

В целях решения данной задачи в рамках реализации второго проекта водоснабжения города Душанбе на очистной станции самотечного водопровода проводился ряд мероприятий по реконструкцию сооружений на бассейнах суточного регулирования [5].

Применение коагулянтов и флокулянтов, как высокоэффективная технология, позволяет повысить эффект осветления воды и уменьшить органические и бактериальные загрязнения [6-8].

Исследования показали, что при использовании анионного флокулянта типа «Poly Separ» в системах водоподготовки города Душанбе, можно достичь повышенного очищения и осветления воды, так как «Poly Separ» обладает пролонгированным бактерицидным действием [9, 10].

**Методика проведения исследования.** Для проведения лабораторного исследования применялись следующие материалы, реактивы, аппаратуры: 10л ведро; маленький цилиндр для взбалтывания; мерные стаканы (10 штук) объемом 250 мл. В них наливалось 100 мл дистиллированной воды. В каждом дозировался коагулянт и полимер, 1%-й, 2%-й, 3%-й, 4%-й и 5%-й растворы; мерные цилиндры объемом 1000 мл для осветления (5шт.); фотоэлектроколориметр (ФЭК) с зеленым светофильтром  $\lambda = 530\text{nm}$  для определения мутности воды; весы лабораторные (аналитические) для взвешивании коагулянта и полимера; пипетки мерные по ГОСТ 29227 вместимостью 1, 2, 5, 10  $\text{cm}^3$  с делениями на 0,1  $\text{cm}^3$ ; рН-метр (иономер) для измерения водородного показателя и температуры воды; коагулянт - сернокислый алюминий,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$  ; полимер - POLY SEPAR AN 34 TW.

---

Пробы для исследования доставляли в лабораторию в десятилитровых ведрах. Содержание мутности в пробах составило 187 мг/л, 575 мг/л и 1035 мг/л.

После быстрого взбалтывания, взяли пробу для определения основных показателей качества воды: рН, цветности, мутности и температуры. Мутность воды определяли фотометрически - фотоэлектроколориметром (ФЭК).

После определения основных показателей, приступили к осветлению воды. В мерные стаканы (10 штук) объемом 250 мл- 500мл наливалось от 100 до 500мл дистиллированной воды. В исследованиях использовали алюмосодержащий коагулянт (сульфат алюминия) и полимер - POLY SEPAR AN 34 TW. Рабочий раствор коагулянта готовили растворением в дистиллированной воде до концентрации 1%, 2%, 3%, 4% и 5%-го раствора. Также готовили концентрированный раствор из полимера POLY SEPAR AN 34 TW от 1 до 5% - го состава.

В каждый мерный стакан дозировался коагулянт и полимер POLY SEPAR AN 34 TW при быстром перемешивании.

Затем исходную испытуемую воду переливали в мерные цилиндры объемом 1000 мл для осветления и вводили 1-5мл концентрированного от 1 до 5% -го раствора коагулянта в каждый цилиндр с исходной водой и непрерывно перемешивали. После вводили 1-5мл концентрированного от 1 до 5% -го раствора полимера в цилиндры с исходной водой и непрерывно перемешивали до 60 минут (рис. 1).

Параметры исследуемой воды, в зависимости от дозы коагулянта и полимера, после 60 минутного осаждения приведены в таблице 1.

Как видно из таблицы, независимо от высоких значений мутности, эффект осветления достигается уже при дозе 10 мг/дм<sup>3</sup>, а оптимальная доза составляла – 50 мг/дм<sup>3</sup>. На основе данных, приведенных в таблице 2,

---

построим график влияния дозы смеси коагулянта и флокулянта на процесс осветления (рис.2).

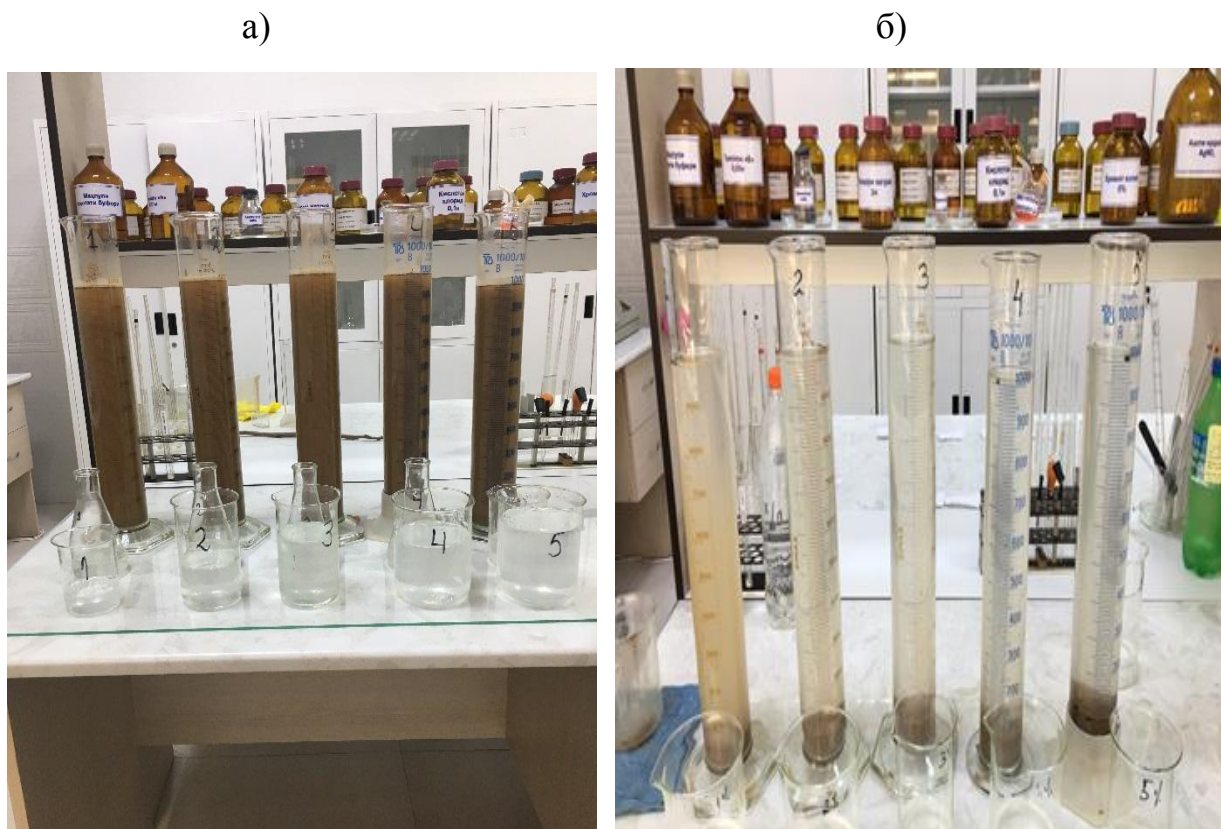


Рис.1. Мерные цилиндры с испытуемой водой, разбавленной раствором коагулянта и полимера разной концентрации (до (а) и после 60 минут (б) процесса осветления).

Таблица 1. Тестирование смеси коагулянта и полимера типа «Poly Separ» в зависимости от дозы коагулянта и полимера

№ п.п.	Значение мутности, мг/л	Доза смеси коагулянта и полимера, %				
		После 60 мин. осаждения				
		1%	2%	3%	4%	5%

1	187	20,0	15,9	13,3	12,4	11,9
2	575	31,5	27,5	24,8	20,7	17,18
3	1035	43,2	33,7	22,7	20,7	14,5

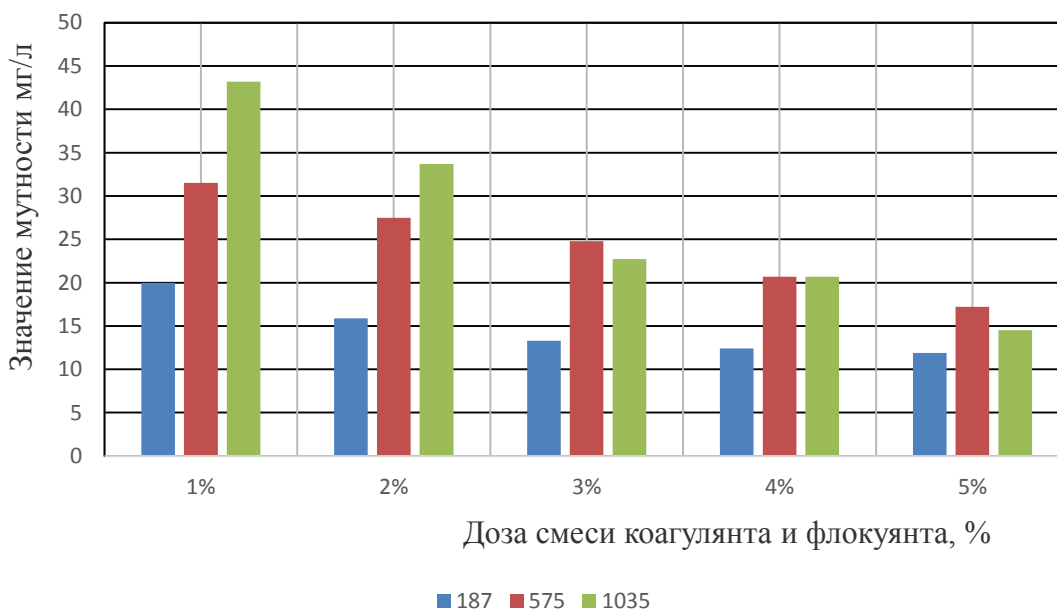


Рис.2. Влияние дозы смеси коагулянта и флокулянта на процесс осветления (после 60мин. осветления)

Результаты наблюдений и данные экспериментов при разных исходных показателях мутности в воде и разных процентах растворов коагулянта и полимера, а также результаты, полученные в определенные минуты, представлены в таблице 2.

Далее на рисунках 3, 4 и 5 приводим результаты исследования при различных значениях мутности в зависимости от продолжительности и дозы смеси коагулянта и полимера.

Экспериментальные данные для построения кривой эффекта осаждения приведены в таблице 3.

По данным, полученным в ходе эксперимента, строим седиментационную кривую, явно подтверждающую эффект осветления воды во времени (рис. 6).

Таблица 2. Тестирование смеси коагулянта и полимера в зависимости от времени исследования и различные значения мутности

№ п.п.	Значение мутности, мг/л	Раствор коагулянта и полимера, %	Время исследования пробы, мин				
			0	15	30	45	60
1	187	1	187	22,75	21,75	20,75	20,0
		2	187	15,5	14,5	13,5	11,9
		3	187	17,6	17,1	16,6	15
		4	187	34	25,85	25,35	25,3
		5	187	14	12,4	12,4	12,4
2	575	1	575	36,5	35	32	31,5
		2	575	77,5	72,5	67,5	67,5
		3	575	28,95	26,9	24,8	24,8
		4	575	19,7	18,15	17,18	17,18
		5	575	23,65	20,75	20,75	20,75
3	1035	1	1035	16,05	15,5	15,2	14,5
		2	1035	25,85	24,8	22,75	22,7
		3	1035	25,35	22,75	22,7	20,75
		4	1035	39	35	34	33
		5	1035	49	44	44	43



Рис.3. Зависимость степени осветления от продолжительности и различных доз коагулянта и полиакриламида

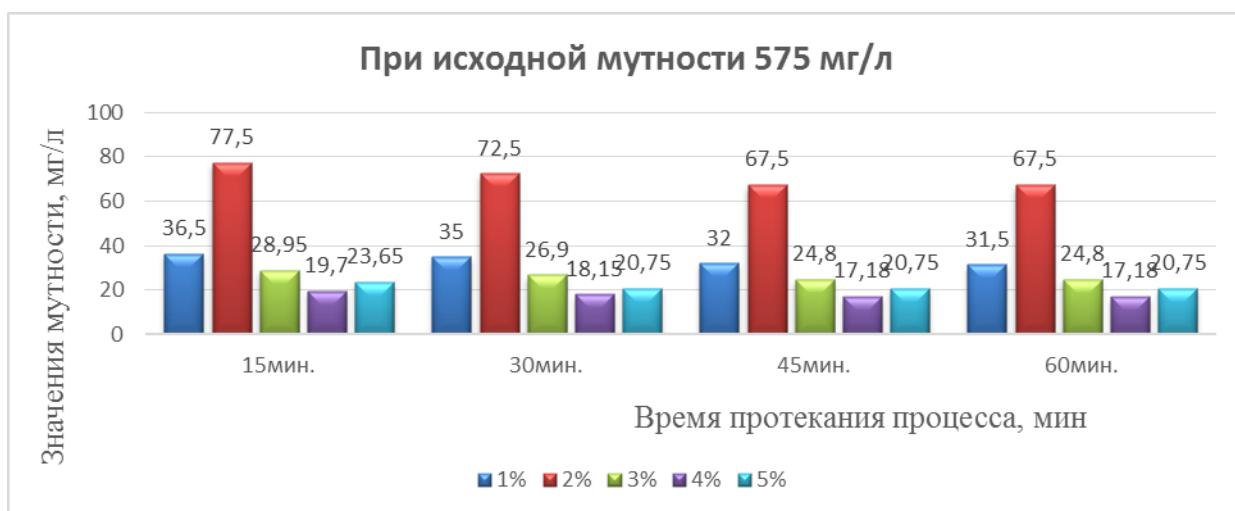


Рис.4. Зависимость степени осветления от продолжительности и различных доз коагулянта и полиакриламида



Рис.5. Зависимость степени осветления от продолжительности и различных доз коагулянта и полиакриламида

Таблица 3. Эффективность осветления воды в зависимости от времени при 5% дозы коагулянта и полиакриламида

№ п.п.	Наименование показателей	Время отбора проб, мин				
		0	15	30	45	60
1	Мутность, мг/л	1035	21,05	18,5	15,5	12,3
2	Эм, %	0	86,45	90,05	92,53	94,62

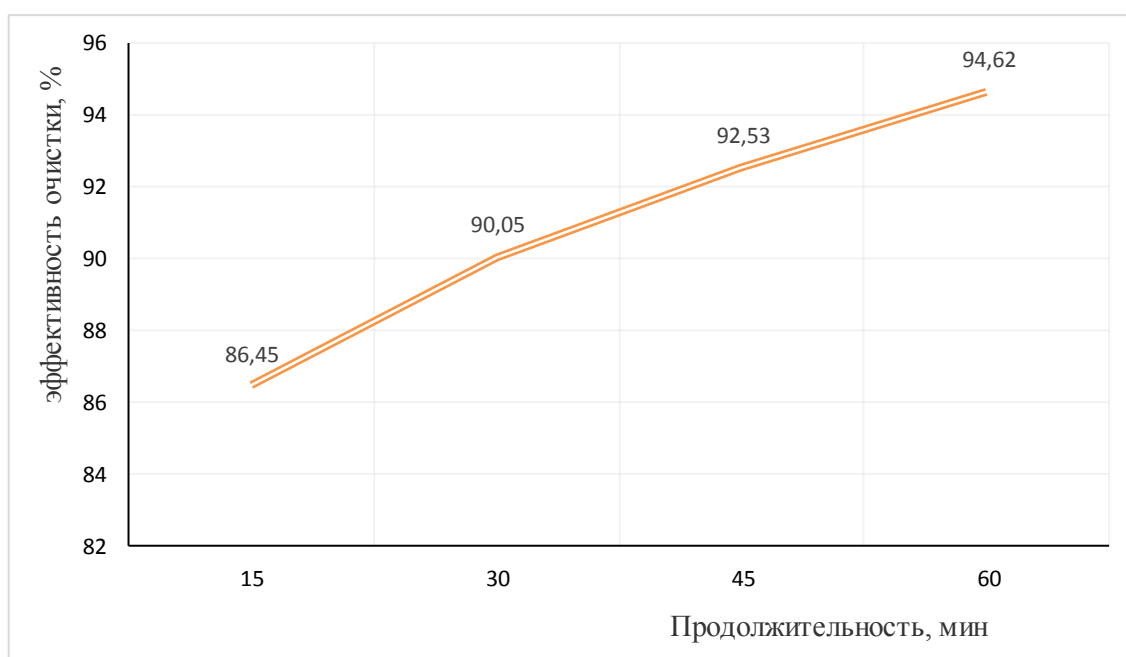


Рис.6. Кривая роста эффективности осветления в зависимости от времени

### Выводы.

Проведенные на насосной станции самотечного водопровода (ОССВ) исследования показали, что от влияния анионного флокулянта при совместном использовании с сернокислым алюминием достигается



дополнительное уменьшение мутности и цветности воды, процесс очистки воды проходит значительно интенсивнее, мутность снижается в дозах 0,025 - 0,4, при дозе смеси коагулянта и полимера 0,5 мг/дм<sup>3</sup>. Это может служить подтверждением синергетического эффекта в отличие от процесса коагуляции, проходящего традиционным способом, с применением только одного коагулянта.

Анализ данных позволяет сделать вывод о том, что совместное применение коагулянта на основе сульфата алюминия и полимера типа «POLY SEPAR AN 34 TW» является перспективным направлением в совершенствовании очистки природных вод.

### Литература

1. Ганичева Л.З., Лисутина Л.А. Антропогенные воздействия на биотические сообщества Республики Калмыкия // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/995](http://ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/995).

2. Лисутина Л.А., Ганичева Л.З. Оценка состояния природных ресурсов Восточного Донбасса // Инженерный вестник Дона, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/997](http://ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/997).

3. Klenkin A. A., Agapov S. A. Dynamics of oil product distributions in water and bottom sediments of the sea of Azov and the Black Sea after ship accidents in the Kerch Strait Water Resources March 2011, Volume 38, Issue 2, pp. 220-228.

4. Aradhi K. Krishna, Satyanarayanan M., Govil Pradip K. Assessment of heavy metal pollution in water using multivariate statistical techniques in an industrial area: A case study from Patancheru, Medak District, Andhra Pradesh, India Journal of Hazardous Material Volume 167, Issues 1–3, 15 August 2009, Pages 366–373.

5. Амирзода О.Х., Давлатшоев С.К., Курбонов Н.Б., Насруллоев Ф.Х. Концептуальная модель оптимального управления по обеспечению водно-энергетической безопасности в условиях изменения климата // Инженерный вестник Дона, 2020, №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N12y2020/6754](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N12y2020/6754).

6. Никитин А.М., Курбатов П.В. Некоторые аспекты очистки маломутных высокоцветных вод // Водоснабжение и санитарная техника. - 1999. - №3. С. 35-41.

7. Сколубович, Ю.Л., Войтов Е.Л., Никитин А.М. Повышение эффективности водопроводных станций // Водоснабжение и санитарная техника. -2011. -№2. С.123-129

8. Амирзода, О.Х., Бадавлатова Б.Х. Уменьшение потерь воды в городских системах водоснабжения // Политехнический вестник, 2019. №4(48). – с.144-147.

9. Амирзода О.Х., Муродов П.Х., Кобулиев З.В. Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки на очистной станции самотечного водопровода (ОССВ) города Душанбе // Политехнический Вестник. Серия: инженерные исследования (научно-технический журнал). Выпуск №3(51) – 2020, С. 122-129.

10. Михайлов В.А., Бутко А.В., Лысов В.А., Моктар А.А. Применение катионного флокулянта ВПК-402 на водопроводе г. Ростов-на-Дону // Водоснабжение и санитарная техника.1997. - №7. С. 21-22.

### References

1. Ganicheva L.Z., Lisutina L.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/995](http://ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/995).

2. Lisutina L.A., Ganicheva L.Z. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №3. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/997](http://ivdon.ru/magazine/archive/N3y2012/997).



3. Klenkin A. A., Agapov S. A. Dynamics of oil product distributions in water and bottom sediments of the sea of Azov and the Black Sea after ship accidents in the Kerch Strait Water Resources March 2011, Volume 38, Issue 2, pp 220-228.
4. Aradhi K. Krishna, Satyanarayanan M., Govil Pradip K. India Journal of Hazardous Material Volume 167, Issues 1–3, 15 August 2009, Pp. 366–373.
5. Amirzoda O.X., Davlatshoev S.K., Kurbonov N.B., Nasrulloev F.X. Inzhenernyj vestnik Dona, 2020, №12. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/N12y2020/6754](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N12y2020/6754).
6. Nikitin A.M., Kurbatov P.V. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, 1999. № 3. pp. 35-41.
7. Skolubovich, YU.L. Vojtov E.L., Nikitin A.M. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, 2011. №2. pp.123-129.
8. Amirzoda O. Kh., Badavlatov B.Kh. Politekhnicheskij vestnik, 2019. №4 (48). pp. 144-147
9. Amirzoda O.Kh., Badavlatova B.Kh, Murodov P.Kh., Kobuliev Z.V. Politekhnicheskij Vestnik. Seriya: inzhenernye issledovaniya (nauchno-tekhnicheskij zhurnal. Vypusk №3 (51). 2020, pp. 122-129.
10. Mikhailov V.A., Butko A.V., Lisov V.A., Moktar A.A. Vodosnabzhenie i sanitarnaya tekhnika, 1997. №7. pp. 21-22.