

УДК 628.544

А. В. Дернович¹, В. А. Антонович²¹ЗАО «ДиАрКласс»²ОАО «Слонимская камвольно-прядельная фабрика»**ОБЕЗВОЖИВАНИЕ КОАГУЛИРОВАННОГО ОСАДКА
В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ МЕТОДОМ
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ОТТАИВАНИЯ**

Изучено влияние последовательно выполняемых процессов замораживания и оттаивания шлама, полученного в результате коагуляции технологической воды после крашения шерсти, для обезвоживания исходного шлама, представляющего коллоидную устойчивую структуру. Определены параметры оптимального срока замораживания шлама при температуре -10°C для получения максимального влагоотделения. Выявлена зависимость скорости декантации свободной воды от времени замораживания коллоидного осадка.

Опробованная технология обезвоживания методом замораживания и оттаивания подтвердила свою высокую эффективность для выделения свободной воды в сравнении с другими методами, применяемыми для обезвоживания осадков и шламов на очистных сооружениях и технологических установках различных производств.

Ключевые слова: коагуляция, шлам, замораживание, оттаивание, влажность.

A. V. Dernovich¹, V. A. Antonovich²¹CJSC “DiArClass”²OJSC “Slonim Worsted Spinning Factory”**DEHYDRATION COAGULATED SEDIMENT
IN TEXTILE INDUSTRY
BY SEQUENTIAL FREEZING AND STEADING**

The effect of sequential processes of freezing and thawing of slurry obtained as a result of coagulation of process water after dyeing of wool for dehydration of the initial slurry, representing a colloidal lumpy structure, was studied. The parameters of the optimum time for slag freezing at a temperature of -10°C have been determined to obtain the maximum moisture release. The dependence of the decantation rate of free water on the time of freezing of the colloidal sediment is revealed.

Tested dewatering technology, the freezing and thawing method, has proven to be highly effective in isolating free water, in comparison with other methods used for dehydration of sediments and sludges in sewage treatment plants and process plants of various industries.

Keywords: coagulation, slime, freezing, thawing, humidity.

Введение. Проблема обезвоживания осадков крашенных вод, образующихся в результате крашения шерстяного и искусственного волокна, является одной из важных и одновременно труднорешаемых. Несмотря на огромное число отечественных и зарубежных разработок, данную проблему нельзя считать решенной. Поэтому поиск новых эффективных способов переработки и утилизации таких осадков является по-прежнему актуальным.

Проблема утилизации коагулированного осадка текстильного производства ОАО «Слонимская КПФ», образующегося в объеме от 0,8 до 1,0 м³ в смену (за 6 ч), сегодня требует решения. Технологическая схема очистки крашенных вод на станции очистки красильных стоков (СОКС) приведена на рис. 1.

При переходе на рыночные отношения хранение осадка на предприятии оказывается

достаточно затратным, а с учетом снижения объема производства – обременительным для предприятия, так как увеличиваются издержки предприятия, а готовая продукция предприятия из-за высокой цены становится непривлекательной и неконкурентоспособной. Образующийся в процессе очистки крашенных вод осадок с влажностью 89–97% временно складировался совместно с бытовым мусором на полигоне твердых коммунальных отходов (ТКО) ПО ЖКХ г. Слонима.

В связи с изменением требований ПО ЖКХ по захоронению отходов производства на полигоне ТКО встала острая проблема вывоза шлама на этот полигон из-за несоответствия влажности осадка требованиям. Требования по влажности осадка – не более 80%. Фактическая влажность шлама, получающегося в результате коагуляции технологической воды после окраски шерсти, составляет 93–95%.

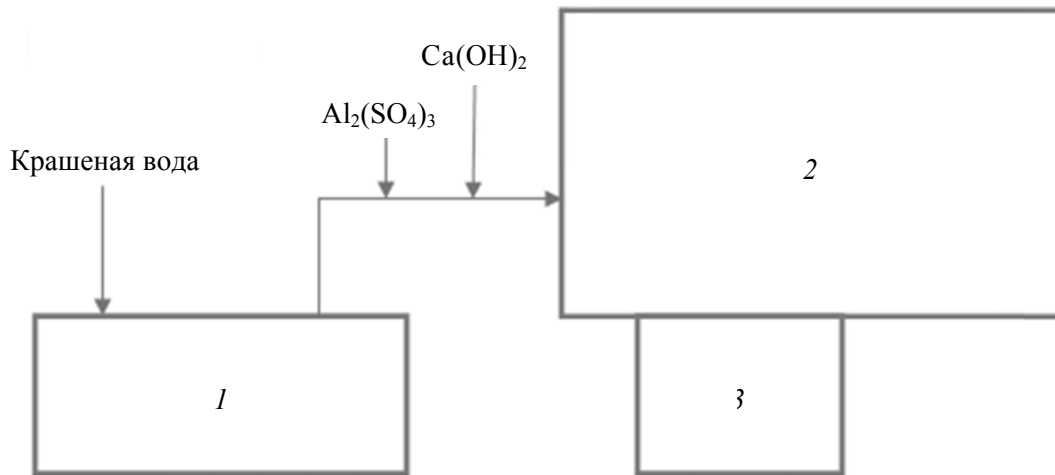


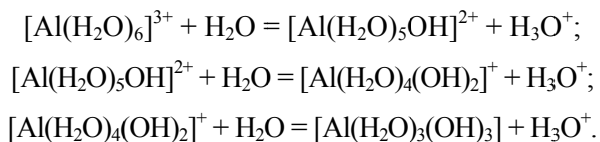
Рис. 1. Технологическая схема очистки крашенных вод на станции очистки красильных стоков: 1 – усреднитель; 2 – флокулятор; 3 – приемник шлама

В большинстве исследований и реализованных технологических установках рассматриваются методы утилизации и обезвреживания осадков красильного производства, которые условно можно разделить на группы:

- 1) химическая обработка;
- 2) смешивание с различными отходами производства и бытовым мусором с последующим захоронением на полигонах ТКО и несанкционированных полигонах и свалках.

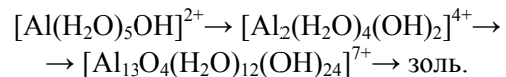
Целью работы являлась отработка технологии обезвреживания осадков крашенных вод, образующихся в результате крашения шерстяного и искусственного волокна, для достижения влажности менее 75%.

Химизм процесса образования коагулированного осадка. В качестве коагулянта в процессе очистки крашенных вод на СОКС ОАО «Слонимская КПФ» используется сульфат алюминия. Наиболее эффективно сульфат алюминия работает при pH 7,0–9,5. Для поддержания оптимального pH в очищаемый сток добавляется раствор известкового молока. Сульфат алюминия, образованный многозарядными катионами слабых оснований и анионами сильных кислот, гидролизует ступенчато по следующей схеме:



Гидратированные ионы алюминия в процессе гидролиза отдают протон от координированной молекулы воды, последовательно образуя в растворе комплексные ионы. Вследствие гидролитической полимеризации путем сочленения мономеров оксомостиками AlOAl образуются также полиядерные гидроксокомплексы.

Вследствие гидролиза и гидролитической полимеризации ионов алюминия образуется золь продуктов гидролиза солей алюминия. Образование золя можно представить следующей схемой:



В цветной или мутной воде содержатся коллоидный гумус и минеральные взвешенные вещества, которые имеют, как правило, отрицательный заряд. Образовавшиеся в процессе гидролиза коагулянта положительно заряженные полиядерные аквагидроксокомплексы алюминия – мицеллы и более крупные шарообразные агрегаты золя, а также менее полимеризованные аквагидроксокомплексы хемосорбируются на поверхности частиц красителей очищаемой воды. При этом происходит взаимодействие с гидратной оболочкой частицы красителей и образование водородных связей и одновременно нейтрализуется заряд. В результате этого частицы взвеси покрываются плотным слоем аморфных частиц продуктов гидролиза солей алюминия. Взвешенные вещества (твердая фаза) играют роль поверхности, на которой протекают первые этапы адсорбционно-коагуляционного взаимодействия, и способствуют образованию плотных агрегированных структур. Благодаря большому количеству центров кристаллизации образующиеся частицы являются плотными. Частицы красителей, покрытые «шубой» более мелких шарообразных частиц продуктов гидролиза (гидроксидов алюминия), соединяются между собой посредством их структур с образованием огромного количества мельчайших хлопьев. Последние

агрегируют в более крупные и, достигнув определенных размеров, оседают под действием силы тяжести. При этом происходит осветление воды и образование шлама в флокуляторе. Таким образом, коагуляционный осадок очистки красильных стоков представляет собой массу, объединенную с помощью гидроокисных связей в гелеобразную пространственную структуру, содержащую значительное количество влаги, которая находится в различных формах связи с компонентами осадка, а также свободной влаги, захваченной структурой осадка [1]. В процессе коагуляции из воды извлекаются коллоидно-дисперсные частицы размером $1 \cdot 10^{-5}$ – $1 \cdot 10^{-7}$ см.

Основная часть. В составе осадка частицы красителей и продукты гидролиза (гидроксидов алюминия) соединяются между собой посредством взаимодействия составляющих их структур, образуя устойчивый коллоидный раствор. Отсюда следует, что для увеличения водоотдачи требуется изменить структуру твердой фазы осадка.

Для этого нами предлагается технология обезвоживания коллоидного осадка методом последовательного замораживания и оттаивания. Данный способ был нами многократно реализован в лабораторных условиях с использованием коагулированного осадка текстильного производства ОАО «Слонимская КПФ».

Первый этап исследования был связан с определением влияния времени замораживания осадка на водоотдачу. Замораживание осадка проводилось в морозильной камере при температуре -10°C , объем осадка составлял 250 мл. Время замораживания варьировалось от 1 ч до суток. Далее замороженная проба вынималась из холодильной камеры для оттаивания. Оттаивание замороженного осадка проводилось при комнатной температуре ($+20^{\circ}\text{C}$). Проба оттаявшего после заморозки осадка отфильтровывалась на бумажном фильтре «Белая лента» и определялось количество отделенной воды.

Последовательное проведение операции замораживания-оттаивания вызывает сокращение поверхности раздела дисперсной фазы и дисперсионной среды и, следовательно, снижение поверхностной энергии связи и ослабление сил сцепления воды с твердыми частицами. Изменение структуры осадков приводит к количественному перераспределению форм связи влаги в сторону увеличения содержания свободной воды вследствие уменьшения общего количества связанной воды [2, 3]. Такое изменение структуры осадков позволяет добиваться более глубокого и быстрого их обезвоживания. При оттаивании осадки образуют мелкуюзернистую структуру, их влаго-

отдача повышается с увеличением времени замерзания.

Данные по результатам замораживания осадка при температуре -10°C и объем выделенной свободной воды после оттаивания образцов приведены в табл. 1.

Из данных табл. 1 видно, что наиболее эффективно процесс обезвоживания протекает в период с 1-го по 9-й час, поэтому дальнейшие эксперименты проводились с обезвоженными осадками, подвергшимися замораживанию в течение этого времени. Из данных табл. 1 следует, что увеличение времени замораживания свыше 8 ч при температуре -10°C нецелесообразно, так как эффективность водоотделения не возрастает. Данные табл. 1 также свидетельствуют, что технология обезвоживания методом замораживания и оттаивания эффективна для коллоидного осадка.

В процессе проведения исследований замечено, что водоотдача осадка после заморозки на стадии декантации воды проявляется поразному. Процесс отделение воды на фильтре проходил с разной скоростью. Нами выявлено, что время фильтрации зависит от времени замораживания исходного коллоидного осадка:

$$T_{\phi} = f(T_3), \quad (1)$$

где T_{ϕ} – время фильтрования оттаявшего осадка; T_3 – время замораживания исходного осадка.

Таблица 1

Изменение объема свободной воды после однократной заморозки-оттаивания осадка

Время заморозки, ч	Общий объем осадка, мл	Объем отфильтрованной воды, мл
1	250,0	38,0
2	250,0	61,0
3	250,0	72,0
4	250,0	84,0
5	250,0	97,0
6	250,0	97,0
7	250,0	97,0
8	250,0	114,0
9	250,0	114,0
10	250,0	114,0

Нами установлено, что эта зависимость – обратнопропорциональная, отсюда

$$T_{\phi} = 1 / T_3. \quad (2)$$

График изменения продолжительности фильтрования от времени заморозки представлен на рис. 2.

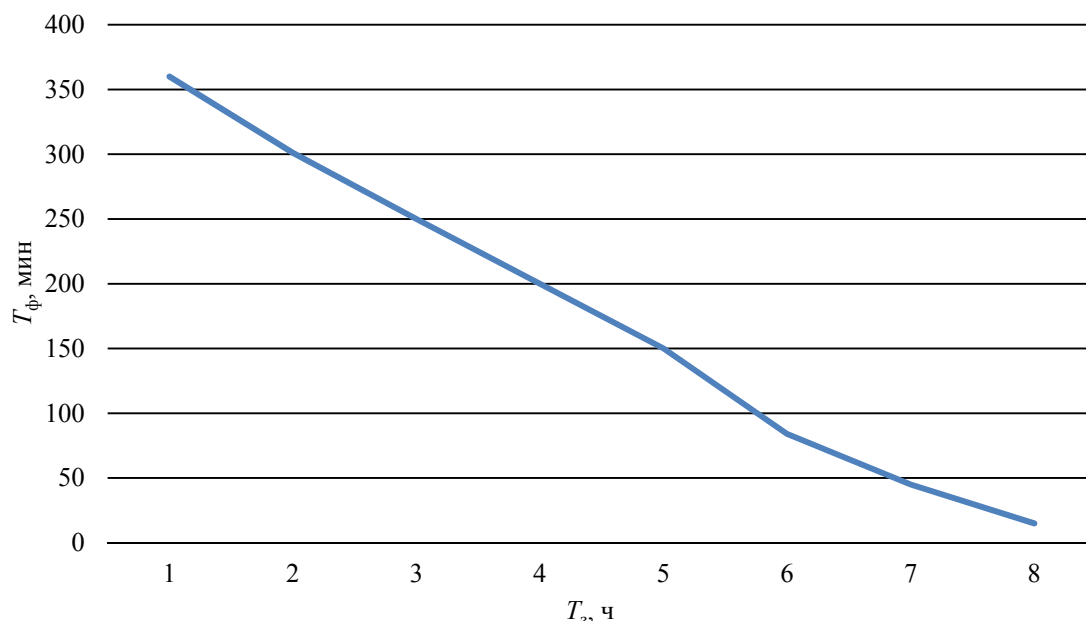


Рис. 2. Зависимость времени фильтрации от времени заморозки исходного осадка

Из рис. 2 видно, что при более длительном времени замораживания процесс фильтрации осадка после оттаивания происходит значительно быстрее, чем фильтрация осадка, подвергнутого заморозке с более коротким сроком выдерживания в морозильной камере. Это подтверждает, что структура коллоидного осадка разрушается более полно при выдерживании образца в морозильной камере до 8 ч. После длительного замораживания и последующего оттаивания частицы осадка твердой фазы становятся мельче, поэтому свободной воды выделяется больше, происходит максимальное водоотделение – обезвоживание. Оттаявший осадок имеет мелкозернистую структуру.

Таблица 2

Динамика изменения влажности обезвоженного осадка при хранении при температуре воздуха 20°C

Время замораживания обезвоженного осадка, ч	Количество суток			
	1	2	3	4
	Влажность			
1	87,72	82,72	76,22	71
2	83,94	83	83	78
3	84,11	84	82	82
4	81,36	82	81	80
5	77	80,4	78	76
6	77,93	76	76,5	73
7	75,35	78,15	77	68
8	73,7	69,8	62	61

На втором этапе работы исследовалась возможность дополнительного удаления влаги из твердой фазы осадка путем сушки в открытом бьюксе при комнатной температуре 20°C. Обезвоженный осадок после фильтрования собирался в открытый бьюкс и подвергался сушке естественным путем, выдерживался под вытяжным шкафом при комнатной температуре. Время выдерживания составляло от 1 до 4 сут. Данные по естественной сушке приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что сушка обезвоженного осадка при температуре 20°C позволяет снизить влагосодержание осадка до требований ПО ЖКХ г. Слоним – 75% и ниже, вплоть до 61%.

Заключение. Исследованы состав и структура отходов производства ОАО «Слонимская КДФ» – коллоидных осадков очистки крашенных вод. Проведенные исследования позволяют сделать вывод, что технология обезвоживания коллоидного осадка текстильного производства методом замораживания-оттаивания решает проблему влагосодержания производственного отхода, направляемого на ТКО ПО ЖКХ г. Слонима.

Установлено, что длительность заморозки осадка влияет на скорость водоотделения в процессе декантации оттаявшего осадка.

Полученные данные можно использовать для проектирования технологического процесса обезвоживания коллоидного осадка текстильной промышленности методом последовательного замораживания и оттаивания.

Литература

1. Общая химическая технология / Л. С. Ещенко [и др.]. Минск: БГТУ, 2004. С. 12–15.
2. Туровский И. С. Обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1975. С. 20–23.
3. Очистка сточных вод / С. В. Яковлев [и др.]. М.: Стройиздат, 1985. С. 263–266.

References

1. Eshchenko L. S., Sokolov M. T., Dormeshkin O. B., Kordikov V. D. *Obshchaya khimicheskaya tekhnologiya* [General chemical technology]. Minsk, BGTU Publ., 2004. Pp. 12–15.
2. Turovsky I. S. *Obrabotkaosadkov stochnykh vod* [Treatment of sewage sludge]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975. Pp. 20–23.
3. Yakovlev S. V., Karelin Ya. A., Laskov Yu. M., Voronin Yu. V. *Ochistka stochnykh vod* [Waste-water treatment]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1985. Pp. 263–266.

Информация об авторах

Дернович Александр Владимирович – технический директор. ЗАО «ДиАрКласс» (220035, г. Минск, ул. Тимирязева, 9 Литер Ж, Республика Беларусь). E-mail: dervovichalex@mail.ru

Антонович Виктория Александровна – инженер-химик. ОАО «Слонимская камвольно-прядельная фабрика» (231798, г. Слоним, ул. Брестская, 42, Республика Беларусь). E-mail: 9106442@mail.ru

Information about the authors

Dernovich Aleksandr Vladimirovich – technical director. CJSC “DiArClass” (9, Timeryazeva str., 220035, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: dervovichalex@mail.ru

Antonovich Viktoria Alexandrovna – chemical engineer. OJSC “Slonim Worsted Spinning Factory” (42, Brestskaya str., 231798, Slonim, Republic of Belarus). E-mail: 9106442@mail.ru

Поступила 07.03.2018