

**РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОЦЕССАХ РЕАГЕНТНОЙ ОЧИСТКИ
МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД**

И.Н. Трус, Н.Д. Гомеля, Е.И. Иваненко, В.И. Воробьева, А.Ю. Флейшер
Национальный технический университет Украины
Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского,
г. Киев, Украина

В настоящее время в промышленных регионах обеспеченность водными ресурсами является недостаточной. Это связано с огромным количеством водоемких отраслей промышленности, кроме того они сбрасывают большие объемы недостаточно очищенных минерализованных вод. Ситуация усугубляется при закрытии шахт, поскольку их воды откачивают на поверхность, вследствие чего происходит загрязнение поверхностных водоемов, которые являются источниками водоснабжения. Поэтому для решения актуальной проблемы охраны окружающей среды необходимо разрабатывать малоотходные процессы очистки минерализованных вод. При выборе схемы очистки воды учитывают химический состав исходной воды, нормативные показатели к качеству очищенной воды и технико-экономические расчеты [6].

Для успешного решения комплексной научной задачи создания малоотходных процессов обессоливания воды в работе была решена задача исследования процессов деминерализации воды при использовании реагентных методов и разработка методов синтеза доступных алюминиевых коагулянтов, которые обеспечивают необходимую степень очистки.

Умягчение реагентными методами основано на обработке воды реагентами, которые образуют с кальцием и магнием малорастворимые соединения, после чего происходит их отделение в осветлителях, отстойниках и осветительных фильтрах. Для умягчения воды целесообразно использовать композиции извести и алюминийсодержащего коагулянта [2, 3, 7]. На первом этапе доводили известью рН до 10,5, после чего добавляли алюминат натрия. Результаты исследований представлены в табл. 1. При увеличении дозы коагулянта от 1 до 1,0 мг-экв/дм³ эффективность умягчения повышается с 56 до 96 %.

Таблица 1

Влияние дозы реагентов на эффективность умягчения и осветления воды

Доза алюмината натрия, мг-экв/дм ³	Ж, мг-экв/дм ³	[Al ³⁺], мг/дм ³	Цветность, мг/дм ³	Z, %
0.0	2.2.	–	65.0	56.0
0.1	1.2	0.0	75.0	76.0
0.3	1.0	0.0	225.0	80.0
0.5	0.8	1.5	220.5	84.0
1.0	0.2	5.2	74.7	96.0

Поскольку в шахтных водах концентрация сульфатов достаточно высокая, поэтому на следующем этапе исследований было разработано методы эффективного умягчения минерализованных вод с одновременным извлечением сульфатов с воды. В исследованиях в качестве реагентов использовали известь, алюминат натрия и магнезит

Использование магнезита позволяет значительно повысить степень извлечения сульфатов из воды при высокой эффективности ее умягчения. Как показали проведенные исследования, содержание сульфатов снижался до 1,0-2,1 мг-экв/дм³, жесткость снижалась до 0,8-5,3 мг-экв/дм³. Гидратная щелочность в большинстве случаев была равна нулю. Очевидно, что магнезит не мог никак повлиять на общую щелочность, поэтому этот показатель был на уровне 21,0-28,5 мг-экв/дм³.

Таблица 2

Зависимость эффективности очистки воды от сульфатов, ее умягчения от доз реагентов

Доза СаО, мг-экв/дм ³	Доза Na[Al(OH) ₄], ммоль/дм ³ (по Al ₂ O ₃)	Доза магнезита, мг/дм ³	SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Ж, мг-экв/дм ³	Щелочность (гидратная; общая), мг-экв/дм ³	Степень умягчения, Z, %	Степень очистки SO ₄ ²⁻ , А, %
-	-	-	1300	42,0	0,00; 16,50	-	-
127	4,5	410	210,1	5,3	0,12; 27,50	87,1	83,8
127	5,0	410	156,2	2,6	0,08; 27,00	93,7	88,0
127	5,5	410	91,0	1,4	0,10; 28,50	96,6	93,0
127	4,5	630	171,4	4,0	0,00; 24,75	90,2	86,8
127	5,0	630	87,6	2,3	0,00; 25,90	94,4	93,3
127	5,5	630	64,7	0,9	0,09; 27,53	97,8	95,0

При использовании алюмината натрия с известью, при очистке воды от сульфатов и ее умягчении, происходит повышение щелочности воды. Для выравнивания рН растворов, их после извлечения сульфатов необходимо обрабатывать углекислотой или магнезитом. В значительной степени решить проблему возможно за счет использования наряду с алюмината натрия гидроксохлорида алюминия [4, 5]. Результаты умягчения воды, которая имела такие характеристики: Ж = 39,0 мг-экв/дм³, [SO₄²⁻] = 20,8 мг-экв/дм³, Щ = 9,5 мг-экв/дм³,

[Cl⁻] = 1270 мг/дм³, представлены в табл. 3. Доза алюмината натрия во всех опытах становила 2,9 мг-моль/дм³. Жесткость удалось снизить от 39,0 мг-экв/дм³ до 1,3 мг-экв/дм³ при уменьшении концентрации сульфатов от 20,8 мг-экв/дм³ до 5,0 мг-экв/дм³.

Таблица 3

Влияние расхода извести и алюминиевых коагулянтов на эффективность умягчения и обессоливания воды

Доза СаО, мг-экв/дм ³	Доза 2/3 ГОХА по Al ₂ O ₃ мг-моль/дм ³	SO ₄ ²⁻ мг-экв/дм ³		Ж, мг-экв/дм ³		Cl ⁻ , мг/дм ³	Щ, мг-экв/дм ³ (ОН ⁻ ; общая)	
		I	II	I	II		I	II
81,0	4,1	11,5	10,6	16,2	15,2	1420	9,25; 17,5	0,0; 15,0
85,2	4,1	8,1	7,5	21,5	18,5	1430	12,50; 20,0	0,0; 16,0
89,4	4,1	8,8	8,2	23,0	20,8	1425	15,75; 24,0	0,0; 21,0
102,0	4,1	5,9	5,6	31,0	26,5	1440	22,50; 36,0	0,0; 31,5
81,0	5,3	7,6	5,2	8,0	1,7	1460	7,90; 11,2	0,0; 6,2
85,2	5,3	6,7	5,0	12,5	1,3	1475	10,95; 16,5	0,0; 4,0
89,4	5,3	7,2	5,9	15,25	3,5	1464	12,50; 20,0	0,0; 6,5
102,0	5,3	8,3	5,2	26,5	8,7	1471	23,00; 30,5	0,0; 13,0

I - после реagenтной обработки, II - после продувания CO₂

В литературе имеются сведения о применении свежесажженного гидроксида алюминия для очистки воды от сульфатов. Однако этот подход нетехнологичен. Несмотря на то, что с гидроксидом алюминия в воду не вносятся вторичные загрязнения, при гидролизе солей алюминия в процессе получения свежесажженного Al(OH)₃ образуются солевые растворы, переработка которых является сложной проблемой. Поэтому в работе [1] был использован доступный технический гидроксид алюминия для очистки воды от сульфатов при известковании.

Для повышения выхода алюмината кальция при взаимодействии гидроксида алюминия с известью в суспензию смеси данных реагентов добавляли небольшое количество соды. При этом образуется щелочь, которая при нагревании до 90°C взаимодействует с гидроксидом алюминия с образованием алюмината натрия. Последний с известью образует алюминат кальция с выделением щелочи. Луг в данном случае выступает в роли катализатора при образовании алюмината кальция из извести и гидроксида алюминия. Результаты, полученные при использовании данной суспензии для очистки воды приведены в табл. 4.

Таблица 4

Зависимость эффективности очистки воды от расхода извести и алюмината кальция, полученного из извести, гидроксида алюминия и соды

Доза СаО, мг- экв/дм ³	Доза алюмината (по Al ₂ O ₃) ммоль/дм ³	Щ, мг-экв/дм ³ (ОН ⁻ ; общая)		Степень умягчения, Z, %		Степень очистки SO ₄ ²⁻ , А, %	
		I	II	I	II	I	II
127	3,6	10,0; 14,0	0,0; 12,0	83,3	94,7	72,3	79,6
127	4,5	9,5; 14,3	0,0; 11,9	95,2	96,0	80,8	84,2
127	5,4	7,9; 15,0	0,0; 12,6	96,4	96,4	88,1	89,2
143	3,6	24,5; 29,0	0,0; 16,4	43,8	89,5	85,4	88,1
143	4,5	17,5; 22,0	0,0; 13,7	58,6	90,7	86,2	87,3
143	5,4	28,5; 33,0	0,0; 17,0	77,1	94,7	87,3	89,6

I - после реagenтной обработки, II - после продувания CO₂

Эти результаты можно считать вполне удовлетворительными. Особенно, если учесть, что в качестве алюминийсодержащего реагента был использован технический гидроксид алюминия. Замена алюмината натрия на технический гидроксид алюминия позволила существенно снизить щелочность обработанной воды.

В целом, замена алюминийсодержащих коагулянтов на технический гидроксид алюминия не только существенно снижает стоимость процесса, но и обеспечивает достаточно эффективную очистку воды от сульфатов, эффективное ее умягчение без вторичного загрязнения воды ионами натрия, хлоридами или сульфатами.

Литература

1. Гомеля Н.Д. Очистка воды от сульфатов известкованием при добавлении реагентов содержащих алюминий / Н.Д. Гомеля, И.Н. Трус, Ю.В. Носачева // Химия и Технология Воды. – 2014. – № 2. – С. 129-137.
2. Гомеля Н.Д., Трус И.Н. Деминерализация шахтных вод реагентными методами // Materials of the eight international research and practice conference “Scientific and technical progress of the XXI century”. – Donetsk. – 2012. – С. 34-36.
3. Гомеля Н.Д., Трус И.Н. Использование алюминиевых коагулянтов для очистки воды от сульфатов // Book of abstracts of The IX international youth science environmental forum “Ecobaltica-2012”. – St.-Petersburg, Russia. –

2012. – С. 95-97.
4. Трус І. М. Застосування алюмінієвих коагулянтів для очищення стічних вод від сульфатів при їх пом'якшенні / І. М. Трус, В. М. Грабітченко, М. Д. Гомеля // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6/10 (60). – С. 13-17
 5. Gomelya M.D. Application of aluminium coagulants for the removal of sulphate from mine water // M.D. Gomelya, I.M. Trus, T.O. Shabliy // Chemistry & Chemical Technology. – 2014. – 8 (2). – P. 197-203.
 6. Shariff Riyaz. Lime softening clarifier modeling with artificial neural networks / Shariff Riyaz, Cudrak Audrey, Stanley Stephen J. // J. Environ. Engineer and Set. - 2004. – № 3. – С. 69–80.
 7. Trus I.M., Grabitchenko V.M. Mine water treatment from sulphate // Матеріали всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів “Екологічна безпека держави”. – м. Київ. – 2013. – С. 84.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РТУТИ НА ТЕРРИТОРИИ Г. НОВОСИБИРСКА ПО ДАННЫМ ОПРОБОВАНИЯ ЛИСТЬЕВ ТОПОЛЯ

Е.М. Турсуналиева¹, Я.С. Матвиенко²

Научный руководитель доцент Д.В. Юсупов, ст. преподаватель Е.Е. Ляпина

¹*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,*

²*Национальный исследовательский Томский государственный университет,
г. Томск, Россия*

Актуальной научной и производственной задачей остается определение и контроль содержания ртути и её соединений с помощью современных аналитических методов в атмосферном воздухе, почвах, природных и питьевых водах, в донных отложениях, промышленных отходах, в различных биосредах, в том числе растениях, кормах, продуктах питания и т.д., а также выявление зон ртутного загрязнения и ремедиации загрязненных ртутью территорий [1, 6]. Одним из подходов решения этой задачи может служить метод биогеохимической индикации окружающей среды с использованием листьев тополя [5, 7, 8].

Город Новосибирск – административный центр Сибирского федерального округа и Новосибирской области, расположен в юго-восточной части Западно-Сибирской равнины. Он является тринадцатым по площади и третьим по численности населения (около 1,6 млн. чел.) городом в России. Новосибирская промышленная агломерация – крупнейшая в Сибири. Основными отраслями экономики города являются машиностроение, металлургия, тепло- и гидроэнергетика, строительство, а также пищевая промышленность.

Крупнейшим и высокотехнологичным промышленным предприятием г. Новосибирска является Публичное акционерное общество «Новосибирский завод химконцентратов» (ПАО «НЗХК») – дочернее общество ТК «ТВЭЛ» госкорпорации «Росатом». Завод расположен в северо-восточном секторе города.

Производственный комплекс данного предприятия включает в себя изготовление топлива для атомных электростанций, выпуск тепловыделяющих сборок для исследовательских реакторов. Кроме этого ПАО «НЗХК» – единственный в России производитель металлического лития высокой чистоты и соединений на его основе. При производстве лития используется ртуть в качестве катодного элемента. Ртуть относится к специфическим загрязнителям атмосферного воздуха. Фактическое количество выбросов ртути ПАО «НЗХК» в атмосферу за период 2010-2015 гг. по данным ПАО «НЗХК» составило – 0, 57 тонны. Максимальное количество выбросов ртути (0,16 тонны) произошло в 2013 году. В последние годы наблюдается устойчивая тенденция к сокращению выбросов ртути – до 10 кг в 2015 г. [2].

Цель исследования – оценка валового содержания ртути и ее распределение на территории г. Новосибирска по данным изучения листьев тополя.

В августе 2014 г. на территории г. Новосибирска произведена площадная биогеохимическая съемка. В качестве объекта исследования использовались листья тополя бальзамического (*Populus balsamifera* L.). Равномерная сеть отбора проб составила 4×4 км. Листья отбирали в сухую ясную погоду методом средней пробы с примерно одновозрастных деревьев в нижней части кроны на высоте 1,5-2 м от поверхности земли согласно стандартным методическим указаниям и помещали в крафт пакеты.

Всего отобрана 31 проба листы тополя. Пробы доводили до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре, измельчали. Листья не промывали.

Инструментальный анализ содержания ртути в образцах сухой массы листьев тополя на анализаторе «РА-915М» с приставкой «ПИРО-915+» методом атомной абсорбции. Для контроля точности измерений использован стандартный образец «лист березы» (ГСО 8923-2007).

Результаты анализов ртути в листьях тополя приведены на 1 г сухого вещества, сведены в базу данных, рассчитаны основные статистические параметры в программе STATISTICA (рис. 1).

Среднее содержание ртути в сухом веществе листьев тополя на территории г. Новосибирска (59,6 нг/г) в два раза выше медианного значения (30,2 нг/г), что свидетельствует о значительном разбросе и о логнормальном распределении значений. Минимальное содержание ртути в выборке (12,9 нг/г) сопоставимо с кларком ртути в наземных растениях (12,0 нг/г) [3] и средним содержанием в листьях деревьев (17,0 нг/г) [4].