

УДК 628.3:504.05

DOI: 10.30838/P.CMM.2415.200418.134.20

СНИЖЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ШАХТНЫХ ВОД КРИВБАСА

ДЕРЕВ'ЯНКО В. Н.^{1*}, д.т.н., проф.ЩЕРБАК О. С.^{2*}, к.т.н., доц.НАГОРНАЯ Е. К.^{3*}, к.т.н., доц.НЕСТЕРОВА Е.В.^{4*}, к.т.н. доц.

¹Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, Днепр, Украина, 49600, тел. +38 (0562) 47-38-33, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-00023601-2594

²Кафедра экологии и охраны окружающей среды, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24 а, Днепр, Украина, 49600; тел. +38(0562) 46-93-71, e-mail: scherbak36@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4797-7225

³ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: ek_n@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

⁴ Кафедра водоснабжения, водоотведения и гидравлики, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1035-6572

Аннотация. Цель. Определение влияния ультра- и нанодобавок на процесс очистки шахтных вод. **Методика.** Снижение концентрации загрязняющих веществ введением добавок и ультразвуковой обработкой шахтной воды проводилось с учетом предварительно разработанной методики определения степени равномерного смешения с объемом шахтной воды определяемое по коэффициенту оптической плотности и светопрозрачности эмульсии. **Результаты.** Проведенный комплекс исследований показал изменение концентрации загрязняющих веществ в шахтной воде в зависимости от применяемых ультра- и нанодобавок, продолжительности ультразвуковой обработки и выдержки в состоянии покоя. Приведены зависимости оптической плотности и светопрозрачности от времени перемешивания шахтных вод с ультра- и нанодобавками, и продолжительности ультразвуковой обработки. **Научная новизна.** Исследованиями процесса очистки шахтных вод за счет введения ультра- и нанодобавок установлено, что их использование требует предварительного диспергирования в ПАВ и только затем в шахтной воде. Кроме того, для гомогенизации добавок в шахтной воде, требуется предварительная обработка ее ультразвуком в растворе ПАВ и шахтной воды. Оптимальное время перемешивания в ПАВ, ПАВ с шахтной водой, ПАВ с шахтной водой и нанодобавкой, определяемое по коэффициентам светопрозрачности и оптической плотности, составляет 2 мин. Введение нанодобавок позволило снизить концентрацию загрязняющих веществ с 62 г/л до 26 г/л, т.е. примерно в 2,4 раза. **Практическая значимость.** Понимание процессов осаждения примесей шахтных вод и получение зависимостей оптической плотности и светопрозрачности от времени перемешивания шахтных вод с ультра- и нанодобавками, и продолжительности ультразвуковой обработки, позволит разработать оптимальные решения для предотвращения попадания неочищенных шахтных вод водоемы, нарушения биологического и гидрохимического равновесия и угрозы не только для рыбного запаса рек, но и для здоровья населения.

Ключевые слова: вода шахтная; ванна ультразвуковая; нанодобавки; вещества поверхностно-активные; концентрация предельно-допустимая

ЗНИЖЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН ШАХТНИХ ВОД КРИВБАСУ

ДЕРЕВ'ЯНКО В.М.^{1*}, д.т.н., проф.ЩЕРБАК О.С.^{2*}, к.т.н., доц.НАГОРНА О. К.^{3*}, к.т.н., доц.НЕСТЕРОВА О.В.^{4*}, к. т. н., доц.

¹* Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, м. Дніпро, Україна, 49600, тел. (0562) 47-38-33, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-00023601-2594

²* Кафедра екології та охорони навколишнього середовища, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського 24-а, м. Дніпро, Україна, 49600, тел. (0562) 46-93-71, e-mail: scherbak36@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4797-7225

^{3*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, +38 (056) 756-34-74, e-mail: ek_n@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

^{4*} Кафедра водопостачання, водовідведення та гідравліки, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056) 756-34-74, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCIDID:0000-0003-1035-6572

Анотація. Мета. Визначення впливу ультра-і нанодобавок на процес очищення шахтних вод. **Методика.** Зниження концентрації забруднюючих речовин введенням добавок і ультразвукової обробкою шахтної води проводилося з урахуванням попередньо розробленої методики визначення ступеня рівномірного змішування з об'ємом шахтної води, що визначається за коефіцієнтом оптичної щільності і світлопроникності емульсії. **Результати.** Проведений комплекс досліджень показав зміну концентрації забруднюючих речовин в шахтній воді в залежності від ультра- та нанодобавок, що використовуються, тривалості ультразвукової обробки і витримки в стані спокою. Наведено залежності оптичної щільності та світлопроникності від часу перемішування шахтних вод з ультра- та нанодобавками, і тривалості ультразвукової обробки. **Наукова новизна.** Дослідженнями процесу очищення шахтних вод за рахунок введення ультра- та нанодобавок встановлено, що їх використання вимагає попереднього диспергування в ПАР і тільки потім в шахтній воді. Крім того, для гомогенізації добавок в шахтній воді, потрібна попередня обробка її ультразвуком в розчині ПАР та шахтної води. Оптимальний час перемішування в ПАР, ПАР з шахтної водою, ПАР з шахтної водою і нанодобавками, який визначається за коефіцієнтами світлопроникності й оптичної щільності, становить 2 хв. Введення нанодобавок дозволило знизити концентрацію забруднюючих речовин з 62 г / л до 26 г / л, тобто приблизно в 2,4 рази. **Практична значимість.** Розуміння процесів осадження домішок шахтних вод і отримання залежностей оптичної щільності і світлопроникності від часу перемішування шахтних вод з ультра- та нанодобавками, й тривалості ультразвукової обробки, дозволить розробити оптимальні рішення для запобігання потрапляння неочищених шахтних вод у водойми, порушення біологічної та гідрохімічної рівноваги та загрози не тільки для рибного запасу річок, а й для здоров'я населення.

Ключові слова: вода шахтна; ванна ультразвукова; нанодобавки; речовини поверхнево-активні; концентрація гранично-допустима

REDUCTION OF OF POLLUTANTS CONCENTRATION OF MINE WATERS OF KRIVBASS

DEREVYANKO V.N.^{1*}, *Dr. Sc. (Tech), prof*
SHCHERBAK O.S.^{2*}, *Cand. Sc. (Tech)*
NAGORNAYA H. K.^{3*}, *Cand. Sc. (Tech.)*
NESTEROVA E.V.^{4*}, *Cand. Sc. (Tech.)*

^{1*} Department of Water Supply, Water Disposal and Hydraulics, State Higher Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, tel. (0562) 47-38-33, e-mail: derev@mail.pgasa.dp.ua ORCID ID: 0000-00023601-2594

^{2*} Department of Ecology and Environmental Protection, State Higher Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-a, Chernishevskogo str., Dnipro 49600, Ukraine, tel. (0562) 46-93-71, e-mail: scherbak36@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-4797-7225

^{3*} Department of Water Supply, Water Disposal and Hydraulics, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. , +38 (056) 756-34-74, e-mail: ek_n@i.ua, ORCID ID: 0000-0003-4027-9336

^{4*} Department of Water Supply, Water Disposal and Hydraulics, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. , +38 (056) 756-34-74, e-mail: melenanesterenko@gmail.com, ORCIDID:0000-0003-1035-6572

Annotation. Purpose. Determination of the influence of ultra- and nanoadditives on the process of cleaning mine water. **Methodology.** Reduction of the concentration of pollutants by the introduction of additives and ultrasonic treatment of mine water was carried out taking into account the previously developed method for determining the degree of uniform mixing with the volume of mine water determined by the coefficient of optical density and light transmission of the emulsion. **Findings.** The conducted complex of studies showed a change in the concentration of pollutants in the mine water, depending on the applied ultra- and nanodobavok, the duration of ultrasound treatment and endurance at rest. Dependences of optical density and light transmission on the time of mixing of mine waters with ultra- and nano-additives, and the duration of ultrasonic treatment are given. **Originality.** Studies of the process of cleaning the mine waters through the introduction of ultra- and nano-additives found that their use requires a preliminary dispersion in the surfactant and only then in the mine water. In addition, for homogenization of additives in mine water, it is necessary to pre-treat it with ultrasound in a solution of surfactant and mine water. The optimal mixing time in surfactant, surfactant with mine water, surfactant with mine water and nanoadditive, determined by the coefficients of light permeability and optical density, is 2 minutes. The introduction of nanoadditives made it possible to reduce the concentration of pollutants from 62 g / l to 26 g / l, i.e. approximately in 2.4 times. **Practical value.** Understanding the processes of sedimentation of impurities in mine waters and obtaining dependencies of optical density and light transmission from the time of mixing of mine waters with ultra- and nano-additives, and the duration of ultrasonic treatment, will allow developing optimal solutions for preventing the ingress of

untreated mine waters into reservoirs, disturbing biological and hydrochemical equilibrium and threats not only for fish stocks of rivers, but also for public health.

Keywords: mine water; ultrasonic bath; nano-additives; surface-active substances; concentration-permissible

Введение

Шахтные воды являются основным источником загрязнения природной среды в угледобывающих регионах. Наблюдения за гидрохимическим режимом водных объектов в зонах разработок месторождений полезных ископаемых начались в 40-х годах [3]. Изучением экологических последствий влияния прудов-накопителей шахтных вод на загрязнение водных объектов занимались Кроик А. А., Пасечный В. Г., Божко В. Г., Чирва А. И., Захарченко М. А., Рыжикова И. А., Фиалко А. И., Шайдюк Н. И., Зубицкая Л. В. и др [1]. Для решения указанной проблемы предлагаются методы очистки шахтных вод выпариванием или сброс неочищенных шахтных вод в лиманы Приазовья, предполагающий строительство сбросного трубопровода. В связи с большим объемами сбрасываемых сточных вод и сложностью реализации предлагаемых методов, проблема до сих пор полностью не решена [2]. По результатам химических анализов установлено, что качество воды в водных объектах продолжает ухудшаться, несмотря на сокращение объемов производства в последние годы [6]. Загрязнение окружающей среды шахтными водами приводит к формированию зон инфильтрации и повышенной минерализации [10, 11].

Актуальность темы

Объем сброса шахтных вод составляет 11,0 – 12,0 млн. м³/год, а в перспективе все 16 – 17 млн. м³/год. Это ведет к развитию вторичного засоления сельскохозяйственных территорий, прилегающих к р. Ингулец и р. Днепр.

Основными факторами, приводящими к данным последствиям являются:

- горизонтальная и вертикальная инфильтрация загрязненных вод с повышенной минерализацией из технических водоемов в почвенные и водоносные горизонты;
- вынос легкорастворимых солей из низлежащих горизонтов в верхние почвенные горизонты;
- изменение экологических показателей почвы, приводящее к снижению плодородия, экологического потенциала почв, их деградация, вследствие подщелачивания и уменьшения содержания гумуса.

Средняя концентрация загрязняющих веществ в шахтных водах составляет (табл. 1) [11].

Уже на сегодняшний день, из-за сброса воды в р. Ингулец, и далее в р. Днепр, непригодными для земледелия оказались порядка 60 тысяч гектаров земли в Херсонской и Николаевской областях.

Наблюдения за качеством воды р. Ингулец показывают, что практически по всем показателям предельно допустимые концентрации загрязнений превышены [9]. По критерию минерализации воду р. Ингулец в пределах Херсонской и Николаевской областей можно классифицировать как солоноватую.

Таблица 1

Средние концентрации загрязняющих веществ в шахтных водах горнодобывающих предприятий Кривбасса / Average concentrations of pollutants in mine waters of mining enterprises of Kryvbas

№ п/п	Название загрязняющих веществ	ДП «Кривбассшахтозакрытие», Пруд-накопитель б. Свистунова, мг/л
1	Хлориды	20565
2	Сульфаты	1395
3	Минерализация	38690
4	Аммонийный азот	0,3
5	БСК ₅	3,5
6	Нитраты	2,7
7	Нитриты	0,17
8	Взвешенные вещества	17,5
9	Нефтепродукты	0,3
10	Железо общее	0,3
11	Фенолы	0,001
12	Фосфаты	0,1
13	Растворенный кислород	6,0
14	ХПК	-
15	рН	8,0

По загрязняющим компонентам солевого состава воду р. Ингулец относят, к очень загрязненной хлоридами и сульфатами. Причем, в последние годы, содержание хлоридов и сульфатов значительно увеличилось и составляет в среднем соответственно 20565 мг/л и 1395 мг/л. Загрязнение р. Ингулец увеличивается от с. Садовый в Херсонской области (место впадение р. Ингулец в р. Днепр) до г. Кривой Рог [11].

Кроме того, шахтные воды негативно сказываются на экосистеме главной водной артерии Украины. Прежде чем сбросить шахтную воду в р. Ингулец, предполагается ее отстаивание [4,5]. Однако объем загрязненной жидкости настолько велик, что процесс седиментации неэффективен. Плотина, которая сдерживает сточные воды, в таком изношенном состоянии, что высока вероятность ее прорыва [7]. Под угрозой затопления —

близлежащие села Новолатовского сельсовета и часть г. Кривой Рог. Если сброс неочищенных шахтных вод не производить - значительная часть Кривого Рога будет затоплена [8].

Сейчас общий объем дренажа вод из пруда-отстойника и шламохранилищ горно-обогатительных комбинатов оценивается в 14 - 20 млн. м³/год. Как следствие, минерализация Карачуновского водохранилища - одного из основных источников питьевой воды Кривбасса, за год возрастает в среднем на 0,1-0,15 г/л [5].

В дальнейшем следует ожидать увеличения объемов высокоминерализованных вод, которые дренируют в грунт, а затем в водоносные горизонты [5].

В связи с этим актуальной является научная задача, направленная на исследование процессов очистки шахтных вод.

Цель

Теоретические и экспериментальные исследования процессов очистки загрязняющих веществ шахтной воды, при введении ультра- и нанодобавок.

Методика

Для проведения исследований влияния ультра- и нанодобавок на процессы очистки шахтной воды разработана методика, заключающаяся в снижении концентрации загрязняющих веществ введением добавок и ультразвуковой обработкой шахтной воды.

Определение концентрации загрязняющих веществ, проводили выпариванием.

В пробы шахтных вод вводили поверхностно-активные вещества (ПАВ), ультра- и нанодобавки, предварительно разработав методику определения степени равномерного распределения их в объеме воды по коэффициенту оптической плотности и светопрозрачности эмульсии. Для определения этих показателей использовался специальный прибор – фотометр.

Под оптической плотностью (А) подразумевается мера непрозрачности слоя вещества для световых лучей. Она характеризует ослабление оптического излучения в слоях разных веществ (красителях, светофильтрах, растворах, газах и т.п.).

Коэффициент светопрозрачности (Т) – величина, которая равна отношению светового потока, прошедшего через среду, к потоку, упавшему на ее поверхность.

По измерениям коэффициентов оптической плотности и светопрозрачности также определяли скорость и степень осаждения примесей.

Результаты исследований

Общая минерализация в пробах шахтной воды Карачуновского водохранилища, определенная в лабораторных условиях, составила 62 г/л.

Влияние ультразвука на оптическую плотность и светопрозрачность, определенные при акустической обработке шахтной воды, представлены на рис. 1.

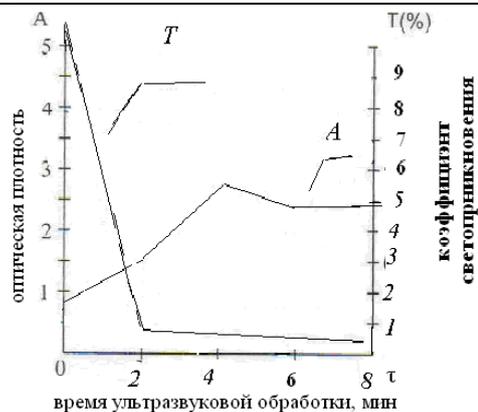


Рис. 1. Графики изменения оптической плотности (А) и светопрозрачности (Т) в зависимости от времени ультразвуковой обработки шахтной воды / Graphs of the change in optical density (A) and light transmittance (T) as a function of the time of ultrasonic treatment of mine water

Активация проводилась в течении 8 мин. с отбором проб и последующим определением оптической плотности (А) и светопрозрачности (Т). (рис 1).

Анализ рис. 1 показывает, что оптимальное время перемешивание составляет 4 мин. При этом оптическая плотность и коэффициент светопрозрачности становятся стабильными, что свидетельствует о гомогенности раствора. В процессе обработки шахтной воды в акустической камере происходит образование агрегатов в виде хлопьев взаимодействующих друг с другом. Чем больше объем хлопьев и масса, тем интенсивнее идет седиментация и увеличивается степень осветления шахтной воды.

В процессе исследования в шахтную воду добавляли супер пластификатор фирмы «Релаксолл», предназначенный для улучшения степени гомогенизации ультрадобавок, что позволило снизить оптимальное время перемешивания до 2 мин. (рис.2).

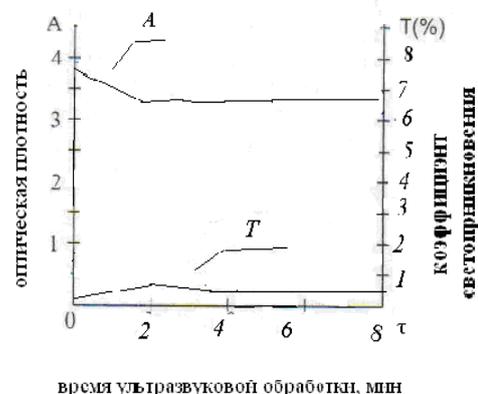


Рис. 2. Графики изменения оптической плотности (А) и светопрозрачности (Т) в зависимости от времени ультразвуковой обработки шахтной воды суперпластификатором / Graphs of the change in optical density (A) and light transmittance (T) as a function of the time of ultrasonic treatment of mine water by a superplasticizer

В соответствии с поставленной целью во второй серии проб вводили нанодобавки и определяли их влияние на процесс очистки шахтной воды, предварительно установив оптимальное время обработки воды в акустической камере (рис 3).

При введении суперпластификатора и нанодобавки оптимальное время перемешивания составило 2 мин. (рис.3).

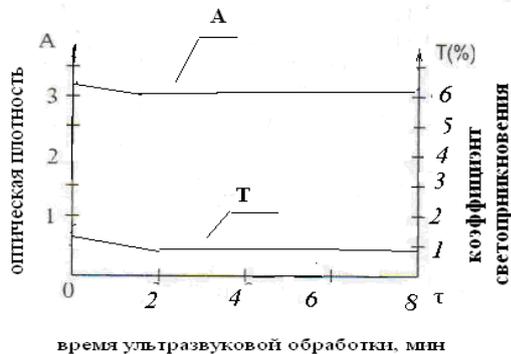


Рис. 3. Графики изменения оптической плотности (A) и светопрозрачности (T) в зависимости от времени ультразвуковой обработки шахтной воды суперпластификатором и нанодобавкой / Graphs of the change in optical density (A) and light transmittance (T) as a function of the time of ultrasonic treatment of mine water by a superplasticizer and a nanoadditive

Затем были проведены исследования процесса очистки шахтных вод от загрязняющих веществ. Подготовленный раствор помещали в ультразвуковую ванну и активизировали в течении 30 с. После этого шприцом емкостью 5 мл набирали раствор из ультразвуковой ванны и выливали из шприца раствор в кювету, и определяли параметры A и T каждые 10 мин на протяжении 1 часа (рис.4).

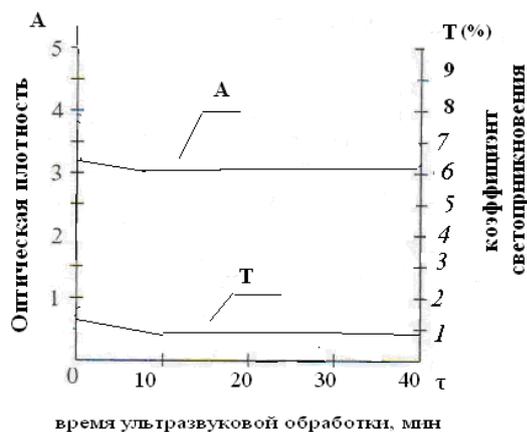


Рис. 4. Графики изменения оптической плотности (A) и светопрозрачности (T) в зависимости от времени ультразвуковой обработки шахтной воды суперпластификатором и нанодобавкой / Graphs of the change in optical density (A) and light transmittance (T) as a function of the time of ultrasonic treatment of mine water by a superplasticizer and a nanoadditive

Рассматривая, изменения параметров A и T видим, что идет интенсификация процессов осаждения. При этом в течение 30 мин. снижается коэффициент оптической плотности.

Раствор оставляли в покое на одни сутки, а затем наблюдали за изменениями пробы на протяжении семи суток. Оптимальное время осаждения в покое составило одни сутки (рис 5).

Измерения параметров A и T проводились в течение семи суток (рис. 5). Из рис. 5 видно, что интенсификация процесса осаждения идет на протяжении первых суток, затем скорость процесса осаждения примесей снижается.

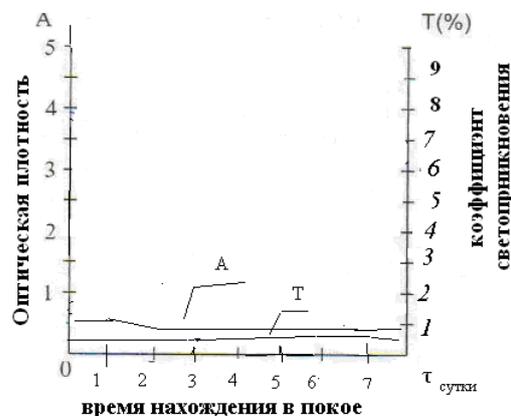


Рис. 5. Графики изменения оптической плотности (A) и светопрозрачности (T) в покое шахтной воды суперпластификатором и нанодобавкой / Graphs of the change in optical density (A) and light transmittance (T) at rest of mine water superplasticizer and nanoadditive

Введение ультра- и нанодобавок позволяет эффективно удалять не только взвешенные, но и коллоидные частицы, в результате процессов коагуляции и флокуляции.

После обработки шахтной воды в акустической камере и введения нанодобавок концентрация раствора составила 26 г/л.

Выводы

Проведены исследования по определению степени минерализации шахтных вод, которая составила 62 г/л. Т.е., реальный состав шахтных вод, отобранный непосредственно из шахтного водоотлива, отличается от усредненных данных по пруду-накопителю, представленных в табл. 1.

Исследованиями процесса очистки шахтных вод за счет введения ультра- и нанодобавок установлено, что их использование требует предварительного диспергирования в ПАВ и только затем в шахтной воде. Кроме того, для гомогенизации добавок в шахтной воде, требуется предварительная обработка ее ультразвуком в растворе ПАВ и шахтной воды. Оптимальное время перемешивания в ПАВ, ПАВ с шахтной водой, ПАВ с шахтной водой и нанодобавкой, определяемое по коэффициентам светонепрозрачности и оптической плотности, составляет 2 мин.

Введение нанодобавок позволило снизить концентрацию загрязняющих веществ с 62 г/л до 26 г/л, т.е. примерно в 2,4 раза.

Процесс очистки по данной методике требует совершенствования технологии проведения исследований.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабенков Е. Д. Очистка воды коагулянтами / Е. Д. Бабенков – М.: Наука, 1977. – 356 с.
2. Бузило В. І Шляхи забезпечення екологічної безпеки при ліквідації вугледобувних підприємств / В. І. Бузило, А. В. Павличенко, С. Л. Кулина, В. В. Кіященко // Розробка родовищ: щорічний науково-технічний збірник. Д.: ТОВ ЛізуновПрес, 2013. – С. 437-440.
3. Запольский А. К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды: Свойства. Получение. Применение / А. К. Запольский, А. А. Баран – Л.: Химия, 1987. – 208 с.
4. Зимон А. Д. Коллоидная химия: Учебник для вузов / А. Д. Зимон, Н. Ф. Лещенко. – М.: ВЛАДМО, 1999. – 320 с.
5. Ермаков В. Н. Развитие процессов подтопления земной поверхности под влиянием закрывающихся шахт / В. Н. Ермаков, А. П. Семенов, О. А. Улицкий, Е. П. Котелевец, А. В. Тарахкало // Уголь Украины. – 2001. – №6. – С. 12-13.
6. Кроик А. А. Оценка антропогенной нагрузки на подземные воды Западного Донбасса в зоне влияния прудов-накопителей шахтных вод / А. А. Кроик, Н. В. Белоус, Н. Е. Шрамко // Сб. научн. тр. ДДУ «Гидрохимические исследования поверхностных и подземных вод». – 1995. – С. 3-17.
7. Кульский Л. А. Основы химии и технологии воды / Л. А. Кульский; под ред. П.П. Строкач. – Киев: Наук. Думка, 1991. – 568 с.
8. Лаврик М. О. Геоэкологические последствия ведения угледобычи для почв Западного Донбасса / М. О. Лаврик // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2009. – Т.5. – № 12. – С. 278-285.
9. Лаврик М. О. Сбросные шахтные воды пруда-накопителя «Свидовок» как фактор техногенного риска изменения галохимического состояния почв / М. О. Лаврик // Науковий вісник Національного гірничого університету. – 2012. – № 1. – С. 98-103.
10. Перкова Т. І. Розробка й ідентифікація моделі підземної міграції мінералізованих шахтних вод у зоні розташування водовідстійників Центрального Кривбасу / Т. І. Перкова, Д. В. Рудаков // Геолого-мінералогічний вісник. – № 1 (27). – 2012. – С. 71-79.
11. Яцечко Н. Е. Геохимическая оценка влияния прудов-накопителей шахтных вод на подземные воды Западного Донбасса / Н. Е. Яцечко // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Гірничо-геологічна. Вип. 32. – Донецьк, ДонНТУ, 2001. – С. 167-168.

REFERENCES

1. Babenkov E. D. *Ochistka vody koagulyantami* / E. D. Babenkov. – M.: Nauka, 1977. – 356 p. (in Russian)
2. Buzilo V. I. *Shlyahi zabezpechennja ekologichnoi bezpeki pri likvidacii vugledobuvnih pidpriemstv* / V. I. Buzilo, A. V. Pavlichenko, S. L. Kulina, V. V. Kijashhenko // *Rozrobka rodovishh: shhorichnij naukovo-tehnichnij zbirnik*. D.: TOV LizunovPres, 2013. – pp. 437-440. (in Ukrainian)
3. Zapol'skij A. K. *Koagulyanty i flokuljanty v processah ochistki vody: Svojstva. Poluchenie. Primenenie* / A. K. Zapol'skij, A. A. Baran – L.: Himija, 1987. – 208 p. (in Russian)
4. Zimon A. D. *Kolloidnaja himija: Uchebnik dlja vuzov* / A. D. Zimon, N. F. Leshhenko. – M.: VLADMO, 1999. – 320 p. (in Russian)
5. Ermakov V. N. *Razvitie processov podtoplenija zemnoj poverhnosti pod vlijaniem zakryvajushhihsja shaht* / V. N. Ermakov, A. P. Semenov, O. A. Ulickij, E. P. Kotelevic, A. V. Tarahkalo // *Ugol' Ukrainy*. – 2001. – no 6. – pp. 12-13. (in Russian)
6. Kroik A. A. *Ocenka antropogennoj nagruzki na podzemnye vody Zapadnogo Donbassa v zone vlijanija prudov-nakopitelej shahtnyh vod* / A. A. Kroik, N. V. Belous, N. E. SHramko // *Sb. nauchn. tr. DDU «Gidrohimicheskie issledovanija poverhnostnyh i podzemnyh vod»*. – 1995. – pp. 3-17. (in Russian)
7. Kul'skij L. A. *Osnovy himii i tehnologi vody* / L. A. Kul'skij; pod red. P. P. Strokach. – Kiev: Nauk. Dumka, 1991. – 568 p. (in Russian)
8. Lavrik M. O. *Geojekologicheskie posledstvija vedenija ugledobychi dlja pochv Zapadnogo Donbassa* / M. O. Lavrik // *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*. – 2009. – Vol.5. – no 12. – pp. 278-285. (in Russian)
9. Lavrik M. O. *Sbrosnye shahtnye vody pruda-nakopitelja «Cvidovok» kak faktor tehnogennogo riska izmenenija galohimicheskogo sostojanija pochv* / M. O. Lavrik // *Naukovij visnik Nacional'nogo girnichogo universitetu*. – 2012. – no 1. – pp. 98-103. (in Russian)
10. Perkova T. I. *Rozrobka j identifikacija modeli pidzemnoi migracii mineralizovanih shahtnih vod u zoni roztashuvannja vodovidstijnikov Central'nogo Krivbasu* / T. I. Perkova, D. V. Rudakov // *Geologo-mineralogichnij visnik*. – № 1 (27). – 2012. – pp. 71-79. (in Ukrainian)
11. Jacechko N. E. *Geohimicheskaja ocenka vlijanija prudov-nakopitelej shahtnyh vod na podzemnye vody Zapadnogo Donbassa* / N. E. Jacechko // *Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu*. Serija: Girnicho-geologichna. no 32. – Donec'k, DonNTU, 2001. – pp. 167-168. (in Russian)

Статья рекомендована к публикации в д-ром.техн.наук, д-ром.техн. наук, проф. Н. Н. Беляевым (Украина)