

ALLAKULYEV I. A., YANCHILIN P. F. Comparison of special plants of solar collectors for the preparation of hot water residential house and office building for the conditions of ashgabat

The article presents the structure of a flat solar collector, the calculation of the optimum angle of inclination of a flat solar collector and the calculation of the solar collector area for preparing hot water in a residential house and office building for Ashgabat conditions.

УДК 628.31

Урецкий Е. А., Мороз В. В.

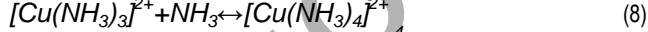
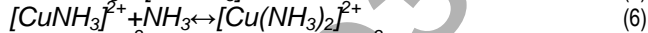
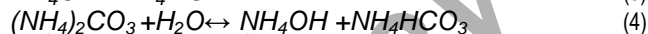
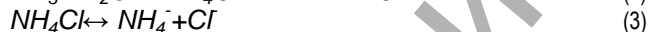
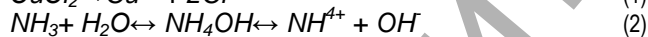
РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ МЕДИ

Введение. Обследования многочисленных предприятий приборо- и машиностроения показали, что подавляющее число очистных сооружений запроектировано только для сточных вод производств защитных покрытий (ПЗП) [1, 2, 3]. Что же касается отработанных технологических растворов (ОТР), содержащих аммиакаты меди, то с целью извлечения из них меди они частично утилизируются электрохимическими методами, методом цементации, мембранными технологиями и др. Однако часть таких растворов и практически весь объём промывных сточных вод, содержащих комплексные соединения меди, сбрасываются на очистные сооружения.

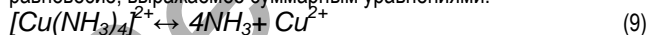
Как известно, отдельные виды сточных вод гальванических производств и производств печатных плат, наряду с ионами тяжёлых металлов, содержат аммиак. В присутствии аммиака медь образует прочные растворимые комплексы $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ и $[Cu(NH_3)_2]^+$, которые практически не задерживаются в осветлителях и выносятся в канализацию в концентрациях многократно превышающих ПДК для меди, установленных контролирующими организациями. Очистка стоков такого вида представляет особую трудность.

Анализ материалов. Отраслевыми стандартами предусматриваются в технологических линиях травильные ванны, где процесс происходит в щелочной среде (рН около 9,8), создаваемой избытком аммиака (от 15 до 17 мг/л). Действующим агентом, как и в ваннах травления с кислой средой, является медь со степенью окисления (II). Медь (II) вносится в раствор в виде соли $CuCl_2 \cdot 2H_2O$ (140–160 г/л). В ванне также присутствует хлористый аммоний (40–60 г/л) и углекислый аммоний соли NH_4CO_3 и NH_4HCO_3 , в количестве 20–30 г/л, обладающие буферной ёмкостью и щелочным резервом.

В процессе приготовления раствора протекает ряд реакций и устанавливается равновесие. В несколько упрощённом виде их можно представить уравнениями:



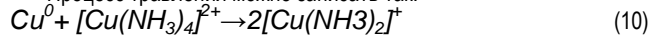
Ввиду большого избытка ионов NH_4^+ равновесие по принципу Ле-Шателье смещено сильно влево, т. е. в растворе присутствует большое количество "свободного" аммиака. Этот аммиак практически мгновенно вступает в реакцию. В растворе устанавливается равновесие, выражаемое суммарным уравнением:



Константа этой реакции в стандартных условиях имеет численное значение.

$K = 2,14 \times 10^{-13}$ [6], что говорит о практически полном отсутствии ионов меди (II) в растворе, а с учетом избытка аммиака равновесие еще более смещается влево.

Процесс травления можно записать так:



т. е. раствор насыщается комплексными ионами меди (I), обладаю-

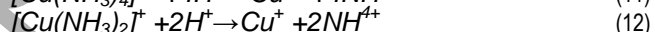
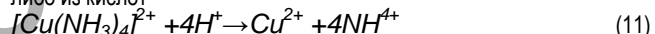
щими довольно высокой устойчивостью ($K = 1,35 \cdot 10^{23}$). Скорость травления падает, и согласно технологической карты, должен производиться сброс части объёма ванны и восстановления травящей способности путем барботажа воздухом и подачи раствора, содержащего смесь хлористого аммония с последующей корректировкой рН раствором аммиака. Сброшенная часть раствора должна собираться с целью утилизации меди.

После травления следует циркуляционная промывка в крепком растворе аммонийных солей (280–290 г/л NH_4OH). В силу большого избытка аммония медь обеих степеней окисления может присутствовать в этой ванне только в виде аммиакатов.

Результаты. Так как соединений меди, цинка, кадмия, никеля в виде тарtratов и в соединениях с тиомочевинной немного, подробно на них внимание не заострялось. Тем не менее, при разработке технического решения по деградации и удалению тяжелых металлов из комплексных соединений необходимо учитывать присутствие этих соединений.

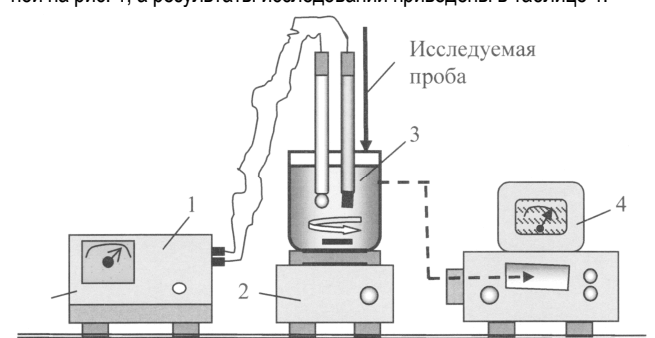
Авторами статьи были проведены многочисленные исследования, в результате которых было показано, что для разрушения комплексных ионов нужно либо ослабить, либо свести к минимуму способность центрального иона к комплексообразованию или усилить диссоциацию комплекса.

Комплексные ионы $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ и $[Cu(NH_3)_2]^+$ удобнее и легче разрушить путём понижения рН, приливая к раствору какую-либо из кислот



Оценка эффективности деградации аммиакатных комплексов меди различными кислотами ОТР была осуществлена в серии экспериментов. Для сравнения указанные комплексы разрушались 10% раствором серной кислоты, традиционно используемой в качестве товарного реагента.

В лабораторных исследованиях использовались модельные растворы, содержащие аммиакаты меди и натурные образцы ОТР. Модельные растворы готовились непосредственно перед проведением исследований путём разбавления отработанных растворов водопроводной водой. Исследования проводились на установке, изображённой на рис. 1, а результаты исследований приведены в таблице 1.



1 – иономер ЭВ-74; 2 – магнитная мешалка; 3 – стакан с исследуемой пробой; 4 – фотоэлектрокалориметр КФК-2

Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Мороз Владимир Валентинович, к. т. н., ст. преподаватель кафедры водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения, начальник регионального центра тестирования и профессиональной ориентации учащейся молодежи Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

Урецкий Евгений Аронович, член-корреспондент Белорусской инженерной технологической академии.

Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология

Таблица 1 – Результаты обработки сточных вод, содержащих медь, ППП с предварительным разрушением медьаммиачного комплекса путём подкисления

№ п/п	Исходный модельный р-р			Подкисленный модельный р-р				Обработанные известью сточные воды				Эффект очистки, %	Примечание		
	рН	Содержание меди, мг/л		Наименование реагента	рН	Содержание основных компонентов		Содержание меди		Содержание железа, мг/л					
		общее со- в фильтро- взвесью	в фильтро- ванной пробе			Fe _{общ} , мг/л	Cu _{общ} , мг/л	в отстое	в фильтрате	Fe _{общ}	Fe(II)				
1 ^а	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	8,05	15,3	1,49		1,97	-	-	8,55	0,97	0,56	-	-	93,6	*Новая партия извести	
	8,50	32,0	3,30		1,96	-	-	8,70	0,39	0,19	-	-	97,5		
	8,82	65,5	8,16		1,97	-	-	8,55	3,22	2,70	-	-	95,1		
	8,90	66,0	12,70		1,80	-	-	8,82	3,11	2,28	-	-	96,4		
2	7,98	14,16	0,90	Отработанный травильный р-р HCl:H ₂ SO ₄ ** = =1:7:0,7	1,92	-	-	8,62	0,25	0,02	0,45	0,04	98,4	**Содержание железа в ОТП: Fe _{общ} = =10,59мг/л Fe(II)=8.94мг/л	
	8,02	14,88	1,34		1,94	-	-	8,68	0,02	отс.	-0,37	-	-		99,9
	8,48	30,02	2,95		2,00	91,4	-	-	8,57	0,28	0,07	-	0,01		99,1
	8,52	31,47	2,97		2,00	-	-	-	8,57	0,106	отс.	0,46	-		99,7
	8,50	33,34	3,30		1,97	109,8	-	-	8,50	0,31	0,13	0,32	0,01		98,9
	8,75	60,55	7,65		1,97	-	-	-	8,55	1,17	0,68	-0,38	0,05		98,1
	8,80	65,05	8,10		1,85	-	-	-	8,56	0,33	0,02	0,37	-		99,5
	8,88	56,40	11,60		1,93	89,6	-	-	8,50	0,42	0,22	-	0,06		99,4
	9,0	140,0	33,60		1,95	89,4	-	-	8,50	3,12	2,24	-	отс.		97,7
3	8,06	15,01	1,56	ОТП HNO ₃ (ванна травления меди)	1,95	-	304,0	8,55	0,75	0,33	-	-	99,75***	***Эффект рассчитан с учётом наличия меди в травильном растворе ****Смесь ОТП с линии анодирования, олово-висмут, цинкования 1:1:1,75	
	8,50	29,73	3,36		1,92	-	315,0	8,60	1,55	0,82	-	-	99,5***		
	8,80	60,70	8,80		1,95	-	344,0	8,55	2,75	1,99	-	-	99,2***		
4	8,27	15,74	1,21	Смесь ОТП с HNO ₃ ****	1,88	-	135,7	8,55	1,06	0,45	-	-	99,2***		
	8,59	31,64	3,44		1,95	-	135,7	8,55	1,42	0,88	-	-	98,9***		
	8,80	61,56	10,50		1,88	-	164,6	8,55	3,55	2,43	-	-	97,8****		

В ходе экспериментов после доведения pH в реакционном объёме до 2,5–2,7 кислыми ОТП и перемешивания в течение 1 минуты в него вводился 5% раствор известкового молока до pH 8,5–9,0. Обработанная таким образом сточная вода перемешивалась в течение 10 минут и отстаивалась 1,5 часа. По истечении указанного времени отстаивания определялась медь, железо общее и двухвалентное.

Полученные данные свидетельствуют, что применение кислых ОТП для предварительного разрушения комплекса [Cu(NH₃)₄]²⁺ позволяет достигнуть достаточно высокого эффекта очистки.

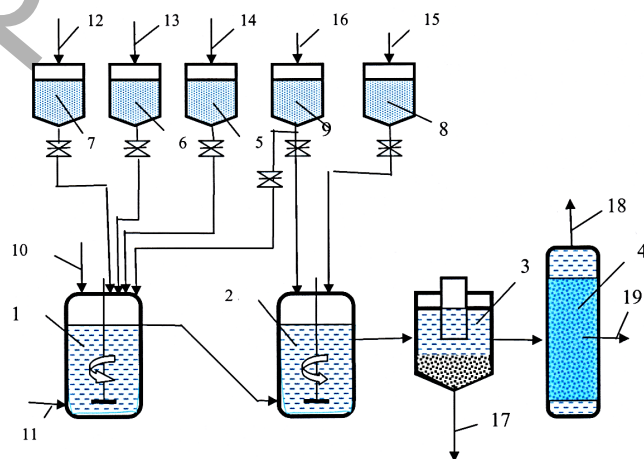
По результатам исследований была разработана ресурсосберегающая технология очистки сточных вод, реализуемая в рамках традиционной реагентной технологии очистки сточных вод гальванического производства обработки сточных вод, загрязнённых наиболее встречающимися комплексными соединениями меди (аммиакатами) рисунок 2.

Эта технология предусматривает деструкцию комплексных соединений меди как в утилизируемых в основном производстве отработанных технологических растворах, так и в промывных сточных водах.

Разработка технологии производилась по двум направлениям:

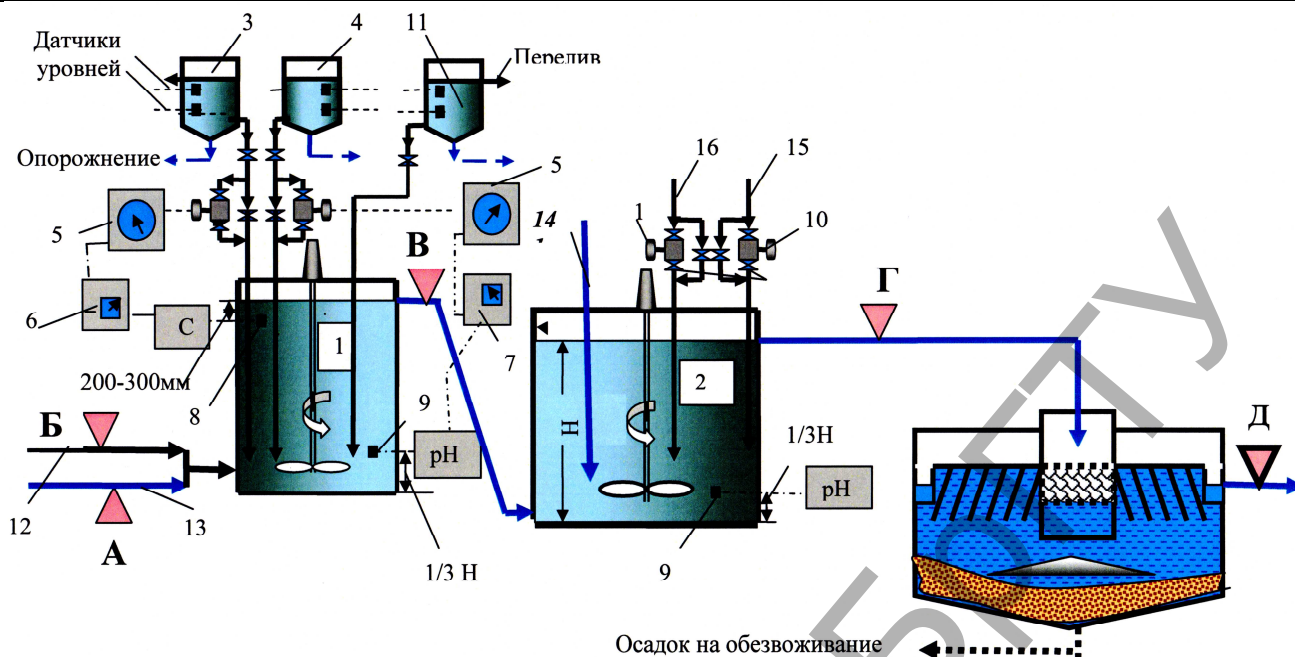
- разработка технологии обработки отработанных технологических растворов сточных вод, загрязнённых аммиакатами меди, совместно с хромпромывными сточными водами в рамках ранее разработанной рациональной технологии (РТ);
 - разработка технологии обработки промывных сточных вод, содержащих комплексные соединения меди.
- Технология реализуется следующим образом.

Промывные сточные воды, содержащие хром Cr⁶⁺ (поз. 10) и комплексные соединения меди (поз. 11), направляются в реактор восстановления Cr⁶⁺ (поз. 1). В этом реакторе при pH 2,5–3,0, поддерживаемом кислыми ОТП, содержащими Fe²⁺ (поз. 12), происходит восстановление Cr⁶⁺ до Cr³⁺ и одновременно деструкция комплексных соединений меди в ОТП (поз. 13), подаваемыми в него с помощью дозатора ОТП (поз. 6). При этом содержащаяся в этих ОТП в высоких концентрациях медь (I) восстанавливает хром (VI) до хрома (III).



1 – реактор восстановления Cr⁶⁺ и разрушения комплексных соединений меди; в ОТП; 2 – реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод; 3 – отстойник; 4 – механический фильтр; 5 – дозатор ОТП, содержащих Cr⁶⁺; 6 – дозатор ОТП комплексных соединений меди; 7 – дозатор кислых ОТП, содержащих Fe²⁺ (или в их отсутствии товарный восстановитель); 8 – дозатор ОТП, содержащих нейтрализующих растворы или CaOH₂; 9 – дозатор кислых ОТП или в отсутствие их раствор H₂SO₄; 10 – промывные сточные воды, содержащие Cr⁶⁺; 11 промывные сточные воды, содержащие аммиакаты меди; 12 – ОТП, содержащих Cr⁶⁺; 13 ОТП, содержащих комплексные соединения меди 14 – ОТП, кислых ОТП, или H₂SO₄; 15 – нейтрализующие растворы ОТП (или в их отсутствие) покупные растворы CaOH₂ или H₂SO₄; 16 – осадок на обезвоживание; 17 – 50% фильтрата на повторное использование; 18–50% фильтрата в канализацию

Рисунок 2 – Упрощённая схема ресурсосберегающей технологии очистки сточных вод от комплексных соединений меди



1 – реактор сточных вод содержащих хром; 2 – реактор нейтрализации всех видов сточных вод; 3 – дозатор ОТР, содержащих железо (II), или резервный товарный восстановитель; 4 – дозатор кислых ОТР или резервный покупной; 5 – потенциометр; 6 – вторичный прибор Cr-метра; 7 – вторичный прибор pH-метра; 8 – первичный датчик хромметра; 9 – первичный датчик pH-метра; 10 – мембранный исполнительный механизм с пневмоздвижкой; 11 – дозатор ОТР, содержащий аммиакаты меди; 12 – промывные сточные воды с аммиакатов меди; 13 – промывные сточные воды, содержащие хром (VI); 14 – смесь кислотно-щелочных сточных вод; 15 – щелочные ОТР или, в их отсутствии, раствор $\text{Ca}(\text{OH})_2$; 16 – кислые ОТР или, в их отсутствии, раствор H_2SO_4

Примечание: 1 ▲ точки отбора проб: А, Б, В, Г, Д

Рисунок 3 – Первоначальная технологическая линия для опытно-производственной проверки совместной очистки сточных вод, содержащих хром (VI) и аммиакатную медь, с нанесением точек отбора проб на Брестском электромеханическом заводе

Затем обработанные сточные воды отводятся в реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод (поз. 2). В этом реакторе с помощью нейтрализующих ОТР, а в их отсутствии растворами $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (поз. 15) или H_2SO_4 (поз. 16) поддерживается $\text{pH}=8,5-9,0$, обеспечивающем полноту образования гидроксидов тяжёлых металлов. Из поз. 2 нейтрализованные сточные воды сбрасываются в отстойники (поз. 3), а образующийся в них осадок (поз. 17) отводится на обезвоживание.

После отстаивания осветлённая вода направляется на механические фильтры (поз. 4). При этом 50% фильтрата (поз. 18) отводится на повторное использование, а остальные 50% (поз. 19) во избежание засорения оборотного цикла сбрасывается в канализацию.

Рекомендации на проектирование технологии совместной очистки промывных сточных вод, содержащих аммиакаты меди и хром (VI)

Принципиальная схема технологического процесса представлена на рис. 3, результаты анализов сквозных экспериментов приведены в таблице 2.

При проектировании необходимо строго выполнять принципы «рациональной» технологии (РТ):

1. Промывные сточные воды, содержащие комплексные соединения меди, и воды, содержащие хром (VI), формируются в отдельные потоки.
2. ОТР выделяются в следующие потоки:
 - ОТР, содержащие хром (VI);
 - ОТР, содержащие комплексные соединения меди и
 - ОТР щелочные;
 - ОТР кислые;
 - ОТР кислые, содержащие восстановители (Fe^{2+} , Sn^{2+} и др.);
 - ОТР кислые, содержащие сильные окислители (HNO_3 и т. п.).
3. ОТР, содержащие комплексные соединения меди, с помощью дозатора подаются в реактор обработки промывных хромсодержащих стоков реактор. Время контакта смеси сточных вод при $\text{pH} = 2,3-2,7$ не менее 5 минут.

4. Поддержание оптимальной величины pH и восстановление хрома (VI) должно осуществляться кислыми ОТР, содержащими восстановители, а в их отсутствии товарными серной кислотой и восстановителями. Во избежание окисления восстановителей в реакторе обработки сточных вод, содержащих хром, перемешивание сжатым воздухом и применение ОТР, содержащих сильные окислители, недопустимо.

5. Подачу реагентов и сточных вод в реактор необходимо осуществлять по отдельным трубопроводам

6. Обработанная в реакторе восстановления хрома (VI) и деструкции комплексных соединений меди смесь направляется в реактор-нейтрализатор всех видов сточных вод. Нейтрализация смеси сточных вод осуществляется при $\text{pH}=8,5-9,0$, а время пребывания её должно составлять 8-10 минут.

7. Приёмные резервуары ОТР, содержащие хром (VI), оборудуются механическими мешалками. В них должна предусматриваться подача кислоты и восстановителя. В случае отсутствия ОТР, содержащих восстановители, и кислых растворов, дефицит должен покрываться товарными реагентами. Кислая смесь ОТР, содержащая железо (II), должна использоваться для подкисления промывных стоков, содержащих аммиакаты меди и хром (VI).

8. При подборе реакторов необходимо:
 - для непрерывно работающих реакторов (проточных), работающих в режиме вытеснения, принимать аппараты с рамной или якорной мешалкой;
 - для реакторов периодического действия, работающих в режиме смесителей, принимать реакторы с турбинной или пропеллерной мешалкой;
 - сточные воды и реагенты вводить в нижнюю зону реакторов под мешалку;
 - отвод сточных вод в проточных реакторах осуществлять в верхнем уровне реакторов;
 - размещение чувствительных элементов САР осуществлять с учётом рекомендаций;

Таблица 2 – Результаты анализов сквозных экспериментов

№ эксперимента	Точка А $q_{ср} = 38,6$ м ³ /ч		Точка Б $q_{ср} = 11,5$ м ³ /ч		Точка В $q_{ср} = 50,1$ м ³ /ч				Точка Г $q_{ср} = 276$ м ³ /ч				Точка Д $q_{ср} = 266$ м ³ /ч									
	рН	Cr(VI), мг/л	рН	Cu, нефильтрованная, мг/л	Cu, фильтрованная, мг/л	рН	Cr(VI), мг/л	Fe, мг/л		Cu*, мг/л	рН	С _{общ} , мг/л	Fe _{общ} , мг/л	Cu, мг/л		рН	Cu, мг/л		Fe, мг/л		Zn (II), мг/л	Ni(II), мг/л
								Fe _{общ}	Fe(II)					С _{общ}	С _{фильтросе}		С _{общ}	С _{фильтросе}	Fe _{общ}	Fe(II)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23	24
1	6,0	8,4	8,3	22,9	3,1	2,1	отс	34,4	3,3	27,9	8,2	13,7	40,1	38,1	0,02	8,1	0,3	0,1	0,4	0,02	0,3	0,15
2	7,1	9,1	8,6	49,5	5,9	2,3	отс	59,1	15,4	57,4	8,5	14,1	64,5	64,3	0,04	8,4	0,14	0,1	0,6	0,04	0,2	0,13
3	6,8	12,6	8,5	105,1	17,8	2,0	отс	59,8	15,1	112,5	8,0	18,9	72,1	122,7	0,12	8,2	0,18	0,1	0,8	0,1	0,5	0,2
4	6,3	7,2	9,1	152,3	33,8	2,0	отс	85,9	12,1	157,3	8,1	12,4	104,3	168,4	0,21	8,0	0,31	0,2	0,9	0,15	0,9	0,3
5	6,6	19,2	9,4	170,1	35,2	2,3	отс	73,2	10,5	179,2	8,3	27,2	79,3	193,8	8,4	0,8	0,40	0,4	0,6	0,1	0,3	0,35

- в заказных спецификациях на ёмкостное оборудование указывать размещение и диаметры подводящих и отводящих патрубков.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий : монография / Е. А. Урецкий. – Брест : БрГТУ, 2008. – 320 с.
2. Гогина, Е. С. Ресурсосберегающие технологии промышленного водоснабжения и водоотведения / Е. С. Гогина, А. Д. Гуринович, Е. А. Урецкий. – М. : АСВ, 2012. – 312 с.
3. Урецкий, Е. А. Ресурсосберегающие технологии в водном хозяйстве промышленных предприятий : монография – LAP LAMBERT Academic Publishing, Germany – 358 с.
4. Мороз, В. В. Инновационная ресурсосберегающая технология совместной очистки сточных вод гальванического, покрасочного производств и производств печатных плат / А. Д. Гуринович, Е. А. Урецкий, В. В. Мороз // Инновации: от теории к практике: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Брест, 05–07 окт. 2017 г. / Брестский гос. техн. ун-т ; редкол.: П. С. Пойта [и др.]. – Брест, 2017. – С. 57–61.

Материал поступил в редакцию 26.02.2019

URECKY E. A., MOROZ V. V. Resource-saving technology of cleaning of waste water from complex compounds of copper

An experimental study of the wastewater treatment process of electroplating plants and printed circuit boards containing complex copper compounds was performed. On the basis of the conducted experimental studies, a low-cost technology for wastewater treatment from complex copper compounds has been developed and introduced within the framework of the traditional reagent technology for the treatment of electroplating wastewater at a large instrument-making and engineering enterprise.

УДК 574.4; 574.5; 572.1/4(476.7)

Абрамова И. В., Гайдук В. Е.

СТРУКТУРА И ДИНАМИКА НАСЕЛЕНИЯ ПТИЦ МЕЛИОРИРОВАННЫХ ЗЕМЕЛЬ ЮГО-ЗАПАДНОЙ БЕЛАРУСИ

Введение. Несмотря на то, что агроландшафты, в том числе и мелиорированные земли, занимают значительную часть территории Беларуси (около 43%), население птиц этих экосистем остается недостаточно изученным. Отметим, что птицы играют важную индикаторную роль, так как негативные изменения среды и глобальные изменения климата в XX – начале XXI в. отражаются на состоянии их популяций. На мелиорированных землях обитают ряд ресурсных видов, а также редких и исчезающих видов птиц, что является дополнительным стимулом к изучению сообществ птиц для их охраны и рационального использования.

Материал и методы. Территория Брестской области покрыта сетью мелиоративных каналов различного назначения, общая протяженность которых составляет около 111 тыс. км.

Исследования проводили в 2007–2017 гг. на мелиоративных системах в долинах рек Лесная и Западный Буг (Брестский район) и Гривда (Ивацевичский район). В данной статье использованы данные наблюдений 1990–2006 гг., опубликованные в монографии [1].

Птицы учитывались на постоянных, но не строго фиксированных маршрутах путём регистрации всех обнаруженных в полосе учёта птиц независимо от их удалённости с одновременным определением расстояния от учётика до каждой из птиц в момент обнаружения. Длина одного маршрута составляла 5–10 км, ширина 50–100 м в зависимости от характера растительности. На каждом участке учёты проводили не менее 10 раз. Всего пройдено более 500 км. Учёты проводили в апреле – августе в утренние часы в ясную безветренную погоду. Пересчёт на площадь проводился по средней дальности

Абрамова Ирина Васильевна, к. биол. н., декан географического факультета Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина.

Гайдук Василий Емельянович, д. биол. н., профессор кафедры зоологии и генетики Брестского государственного университета им. А. С. Пушкина.

Беларусь, БрГУ им. А. С. Пушкина, 224016, г. Брест, бульвар Космонавтов, 21.