

Список литературы

- [1] Лазарев С.И., Коробов В.Б., Клиот М.Б., Пирогов П.А. Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1993. Т. 36. // № 5. С. 76–80.
- [2] Коробов В.Б., Лазарев С.И. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1995. Т. 38. № 4–5. С. 73–79.
- [3] Коробов В.Б., Лазарев С.И., Коновалов В.И. // Вестн. ТГТУ. 1995. Т. 1. № 3–4. С. 296–303.
- [4] Коробов В.Б., Коновалов В.И. // Инж.-физ. журн. 1993. Т. 65. № 3. С. 356–357.
- [5] Коновалов В.И., Коробов В.Б. // ЖПХ. 1989. Т. 62. № 9. С. 1975–1982.
- [6] Ясминов А.А., Калгина В.Т., Кожеевников А.В. // Хим. пром-сть. 1978. № 10. С. 25–30.
- [7] Sourirajan S. // Pure a. Appl. Chem. 1978. V. 50. P. 593–615.
- [8] Николаев Н.Н. Диффузия в мембранах. М.: Химия. 1980. 232 с.
- [9] Чалых А.Е. Диффузия в полимерных системах. М.: Химия, 1987. 312 с.
- [10] Michaels A.S. // Progress in Separation and Purification. V. 1. P. 143–186.
- [11] Коробов В.Б., Лазарев С.И. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1996. Т. 39. № 1–2. С. 61–63.
- [12] Брык М.Т., Цапюк Е.А. Ультрафильтрация. Киев: Наук. думка, 1989. 288 с.
- [13] Мембраны на основе ароматических полиамидов // Пласт. массы. 1980. № 11. С. 60.
- [14] Пилипенко А.Т., Вахнин П.Г., Горновский И.Т. и др. Комплексная переработка минерализованных сточных вод. Киев: Наук. думка, 1984. 284 с.
- [15] Гребенюк В.Д., Гудриц Т.Д. // Коллоид. журн. 1987. Т. 49. № 2. С. 336–339.
- [16] Тихомолова К.П. Электроосмос. Л.: Химия. 1989. 248 с.

Журнал прикладной химии. 2001. Т. 74. Вып. 2

УДК 541.183

ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЕ ВОДЫ С ПОМОЩЬЮ ПРИРОДНЫХ
КАРБОНАТСОДЕРЖАЩИХ ТРЕПЕЛОВ

© И.Л.Шашкова, А.И.Ратько, А.С.Панасюгин, Н.В.Мильвит, Н.В.Бондарева

Институт общей и неорганической химии НАН Белоруссии, Минск
Белорусская политехническая академия, Минск

Поступило в Редакцию 15 сентября 1998 г.; после исправления в марте 2000 г.

Изучена возможность использования природных карбонатсодержащих трепелов для обезжелезивания воды. Рассмотрены факторы, определяющие эффективность трепелов в процессах поглощения Fe(III).

Кремнеземистые породы, представляющие собой группу разнообразных тонкодисперсных образований опал-кристобалитового типа (опоки, диатомиты, трепелы), встречаются в природе либо в чистом виде, либо с различным содержанием сопутствующего компонента, чаще всего карбонатно-глинистого [1]. Содержание карбоната кальция в таких породах составляет для различных месторождений 0–60%, глины – 0–15%.

В отличие от чисто кремнеземистых пород, которые являются сырьем многоцелевого назначения, имевшим свои традиционные области применения (например, при производстве стронтового цемента [1, 2]), карбонатно-глинистые материалы не нашли широкого применения.

Во многих регионах Белоруссии, Литвы и России обнаружены крупные месторождения карбонатных трепелов, в связи с чем актуально выявление возможности их использования в народном хозяйстве.

С учетом способности карбонатного компонента поглощать ионы тяжелых и цветных металлов из водных растворов [3–11] перспективно использование карбонатных трепелов в экологии.

Карбонатсодержащие кремнеземы в сравнении с карбонатами характеризуются более развитой пористой структурой, меньшей растворимостью [12], а также способностью образовывать прочные гранулы [10], поэтому их использование в процессах водоочистки представляется более перспективным, чем карбонатов.

Ранее [9, 10] была показана высокая эффективность карбонатсодержащих трепелов в процессах извлечения из водных растворов ряда ионов тяжелых цветных металлов: Cr(III), Pb(II), Zn(II), Cu(II). В настоящей работе представлены результаты исследования их эффективности в процессах обезжелезивания. Поиск новых высокоэффективных материалов для обезжелезивания подземных и сточных вод является важной проблемой [13].

Экспериментальная часть

Экспериментальные работы выполнены на трепеле, содержащем 43.5% карбоната кальция, рН водной вытяжки которого составляет 8.6.* Для исследований использовали представительную пробу природного карбонатсодержащего трепела и четыре его термические модификации, полученные путем прокаливании на воздухе в течение 2 ч при температурах 500, 600, 700 и 800°C (обозначены как трепел-500, трепел-600 и т.д.).

Поглощение ионов Fe(III) в статических условиях изучали при температуре 15–20°C из 0.001–0.1 н. нитратных растворов, имеющих рН 1.7–2.3 при модуле ванны M=1:125 [M=т:ж, где т – масса твердого сорбента (г), ж – объем жидкой фазы (мл)].

Методика исследований заключалась в следующем: 0.2 г сорбента (фракция 0.09–0.25 мм) заливали 25 мл раствора и выдерживали в течение 1 сут при периодическом перемешивании. При исследовании кинетики процесса методика была аналогичной, но время контакта раствора с твердой фазой варьировали от 10 мин до нескольких суток. Раствор отделяли от твердой фазы и в отфильтрованном растворе методами комплексонометрического титрования или атомно-абсорбционной спектроскопии определяли остаточное содержание железа.

Твердую фазу промывали водой, сушили на воздухе и подвергали рентгенофазовому анализу (дифрактометр ДРОН-2.0, излучение $\text{Cu K}\alpha$).

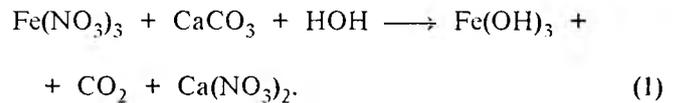
С помощью иономера ЭВ-74 контролировали изменение величины рН растворов в результате сорбции.

Условия проведения экспериментов по обезжелезиванию реальных подземных вод в динамических условиях описаны ниже.

Кривые поглощения ионов Fe(III) из растворов $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ различной концентрации карбонатсодержащим трепелом, не подвергнутым термической обработке, и образцами, прокаленными в течение 2 ч при температурах от 500 до 800°C, показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1, максимальное количество поглощенного Fe(III) A_{Fe} составляет 7.5 мг-экв-г⁻¹ [трепел-800, $C_{0(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)} = 10 \cdot 10^{-2}$ г-экв-л⁻¹].

Кривые поглощения в координатах $A_{\text{Fe}} - C_{0(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}$ [$C_{0(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}$ – исходная концентрация раствора нитрата железа(III)] для ряда образцов имеют аномальную форму, проходят через максимум при $C_{0(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)} = 10 \cdot 10^{-2}$ г-экв-л⁻¹ наиболее выраженный для образца, не подвергнутого термической обработке.

В соответствии с литературными данными [5–8, 14] карбонат кальция поглощает катионы двухзарядных металлов из кислых и нейтральных растворов вследствие образования менее растворимых карбонатов или гидрокарбонатов M(II). Карбонаты трехзарядных ионов металлов [Fe(III), Al(III)] нельзя получить в водных растворах из-за их гидролитического разложения [15]. Эти металлы образуют при контакте с карбонатами гидроксиды по реакции



Согласно справочным данным, рН начала осаждения гидроксида железа зависит от концентрации Fe(III) и составляет для 0.03 и 3 г-экв-л⁻¹ растворов соответственно 1.5 и 2.3 [16]. Полное обезжелезивание растворов концентрацией 0.15 г-экв-л⁻¹ с использованием сорбента на основе карбоната кальция наблюдается при рН равновесного раствора 3.5 [14]. При обезжелезивании растворов с концентрацией Fe(III) $(5.4\text{--}43.0) \cdot 10^{-3}$ г-экв-л⁻¹ с помощью кальция полное осаждение гидроксида железа авторы работы [17] наблюдали, когда величина рН равновесного раствора превышала 7.

Полученные результаты обезжелезивания водных растворов с помощью карбонатных трепелов (рис. 1, табл. 1) также свидетельствуют о том, что величина поглощения железа(III), а также максимум на кривых $A_{\text{Fe}} - C_{0(\text{Fe}(\text{NO}_3)_3)}$ (рис. 1) коррелируют с характером изменения рН в рассматриваемой системе. В табл. 1 приведены концентрации и величины рН исходных и равновесных (т.е. после контакта с сорбентом) растворов $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, а также рассчитанная степень очистки от железа(III) растворов различной концентрации.

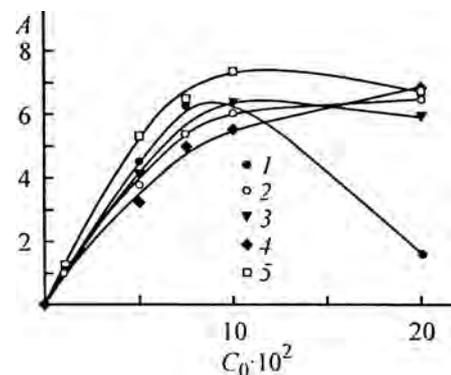


Рис. 1. Кривые поглощения ионов Fe(III) природным трепелом и его термическими модификациями.

A – поглощение Fe (мг-экв-г⁻¹), C_0 – исходная концентрация растворов $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (г-экв-л⁻¹).

1 – трепел исходный, 2 – трепел-500, 3 – трепел-600, 4 – трепел-700, 5 – трепел-800.

* Месторождение Стальное. Могилевская область, Белоруссия.

Таблица 1

Результаты анализа растворов нитрата железа(III) до и после контакта с карбонатсодержащим трепелом

Исходная концентрация Fe(III) $C_1 \cdot 10^2$, г-экв-л ⁻¹	pH исходного раствора	Остаточная концентрация Fe(III) $C_2 \cdot 10^2$, г-экв-л ⁻¹	pH после сорбции	Сорбция Fe(III), мг-экв-г ⁻¹	Степень очистки раствора, %
Исходный трепел					
1.0	2.34	0	7.03	1.25	100.0
5.0	1.93	1.3	3.35	4.53	72.4
7.5	1.86	2.4	1.89	6.28	66.9
10.0	1.82	4.9	1.78	6.35	50.8
20.0	1.70	18.7	1.64	1.63	6.5
Трепел-500					
1.0	2.34	0	7.32	1.25	100.0
5.0	1.93	2.0	3.05	3.75	60.0
7.5	1.86	3.2	1.85	5.38	57.3
10.0	1.82	6.8	1.76	6.06	32.5
20.0	1.70	14.8	1.63	6.50	26.0
Трепел-600					
1.0	2.34	0	7.20	1.25	100.0
5.0	1.93	1.8	3.68	4.03	64.4
7.5	1.86	3.6	1.90	4.79	51.1
10.0	1.82	4.9	1.80	6.44	51.5
20.0	1.70	15.2	1.71	6.00	24.0
Трепел-700					
1.0	2.34	0	9.58	1.25	100.0
5.0	1.93	2.0	4.68	3.25	60.0
7.5	1.86	3.5	1.96	5.03	53.6
10.0	1.82	5.6	1.81	5.56	44.5
20.0	1.70	14.5	1.64	6.88	27.5
Трепел-800					
1.0	2.34	0	11.04	1.25	100.0
5.0	1.93	0.8	5.15	5.31	85.0
7.5	1.86	3.5	1.96	5.03	53.6
10.0	1.82	4.1	1.81	7.38	59.0
20.0	1.70	14.6	1.64	6.75	27.0

Из данных табл. 1 видно, что pH растворов нитрата железа концентрацией менее $10 \cdot 10^{-2}$ г-экв-л⁻¹ (рис. 1, область до максимума на кривой) до контакта с сорбентом составляет 1.86–2.34. После очистки, т.е. после контакта с карбонатным трепелом, значения pH повышаются и составляют 1.9–11.04. Степень очистки от железа(III) таких растворов очень высока, но тем не менее приближается к 100% только в тех случаях, когда значение pH равновесного раствора нитрата железа(III) превышает 7, что находится в соответствии с результатами работы [17].

Величина pH растворов нитрата железа(III) концентрацией выше $10 \cdot 10^{-2}$ г-экв-л⁻¹ [рис. 1, область после максимума на кривой $A_{Fe-C_{0(Fe(NO_3)_3)}$] составляет 1.7–1.8 до сорбции и 1.6–1.8 после сорбции. Поглощение железа(III) из указанных растворов не сопровождается существенным изменением pH. Степень осаждения гидроксида железа в этой области снижается, что и является причиной появления максимума на кривой поглощения.

Для прокаленных модификаций трепела рассматриваемый максимум на кривой $A_{Fe-C_{0(Fe(NO_3)_3)}$ менее

выражен. Согласно полученным ранее данным [9] термическая обработка карбонатного трепела в интервале 500–800°C не приводит к качественному изменению его фазового состава, но сопровождается уменьшением интенсивности пиков кальцита. Щелочные свойства трепела при этом существенно изменяются. В табл. 2 приведены значения pH водной вытяжки и растворимость карбонатного трепела до и после термической обработки. Как видно из данных табл. 2, для трепела-800 pH водной вытяжки примерно на три единицы выше, чем для исходного карбонатного трепела, и составляет 11.99. Растворимость карбонатсодержащего трепела [содержание кальция(II) в растворе] также увеличивается. Термическая обработка сопровождается частичным разложением кальцита с образованием более растворимого и щелочного компонента – оксида кальция, повышением величины pH водной вытяжки. Увеличенные щелочности сорбента приводит к сглаживанию максимума на кривых поглощения.

Таким образом, очевидно, что эффективность поглощения железа(III) из водных растворов природными карбонатсодержащими трепелами определяется величиной pH равновесного раствора $pH_{равн}$. Последняя в свою очередь является функцией pH исходного раствора pH_0 и реализуемого в процессе очистки значения модуля ванны, равного отношению массы твердого сорбента к объему очищаемого раствора.

Для нахождения зависимости между указанными параметрами было изучено изменение величины pH в системе трепел–вода в широком интервале соотношений т.ж и значений pH_0 . Навеску образца в данном случае помещали в дистиллированную воду с различным значением pH_0 , устанавливаемым с помощью азотной кислоты или гидроксида натрия, выдерживали в течение 1 сут, затем определяли величину pH равновесной жидкой фазы. Полученные результаты представлены на рис. 2 в виде серии кри-

Таблица 2

Растворимость в воде и величина pH водной вытяжки карбонатного трепела до и после термической обработки
pH исходной дистиллированной воды 5.1.

Параметр	Трепел исходный	Трепел-500	Трепел-800
pH водной вытяжки	8.05	8.22	11.99
Концентрация Ca(II) в водной вытяжке, мг-эквл-1	1.1	1.6	10.7

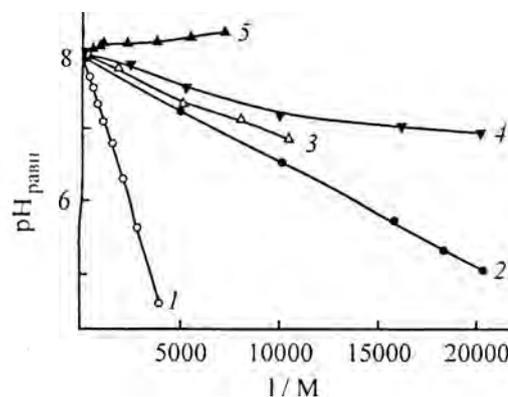


Рис. 2. Зависимость pH равновесного раствора от величины отношения массы трепела к объему исходного водного раствора.

M – модуль ванны.

Величина pH исходного раствора: 1 – 2.6, 2 – 3.5, 3 – 4.6
4 – 6.5, 5 – 7.5.

вых $pH_{равн}-1/M$ для растворов с различными значениями pH_0 . Как видно из рис. 2, значение $pH_{равн} > 7$ необходимо для полной очистки от железа(III), для растворов $Fe(NO_3)_3$ с pH_0 от 2.6 до 3.5 достигается при значении $1/M$ 1500–7000. Для менее кислых растворов эта величина составляет 20 000 и более.

Начальные участки кривых $pH_{равн}-1/M$ (рис. 2) аппроксимируются прямой линией с малым стандартным отклонением и описываются уравнениями, рассчитанными методом наименьших квадратов. Все аппроксимированные кривые с достаточно хорошей точностью сходятся в одной точке. Отсюда следует, что имеющуюся систему из пяти уравнений, определяющих зависимость величины $pH_{равн}$ от $1/M$ при разных значениях pH_0 , можно объединить в одно уравнение, определив взаимосвязь тангенса угла наклона экспериментальной прямой и величины pH_0 (рис. 3). Данные рис. 3 свидетельствуют о существовании линейной зависимости между $\lg \alpha$ и pH_0 в интервале pH_0 3.5–7.5, которая выражается уравнением

$$\lg \alpha = -(-31.372 - 4.1627 \text{ pH}_0) \cdot 10^{-5}. \quad (2)$$

Таким образом, закономерность, связывающая значение $pH_{равн}$, величины pH_0 и модуль ванны M т.ж, для растворов, величина pH которых попадает в указанный выше интервал, может быть выражена в виде линейного уравнения

$$pH_{равн} = 7.98 - (31.372 - 4.1627 \text{ pH}_0) \cdot 10^{-5} M. \quad (3)$$

Зависимость (3) может быть использована для быстрой оценки эффективности карбонатсодержащих материалов при очистке реальных растворов. Так, например, при заданной навеске трепела 1 кг и заданном значении pH_0 6 из уравнения (3) легко рассчиты-

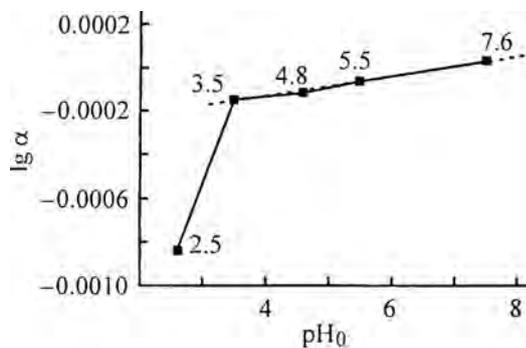


Рис. 3. Зависимость тангенса угла наклона α прямых $\text{pH}_{\text{равн}}^{-1}/M$ от величины pH_0 исходного раствора.

Таблица 3

Физико-химические характеристики артезианской воды

Показатель	Среднее значение величины
Цветность	<20
рН	8.0
Хлорид-ионы, мг·л ⁻¹	9.2
Сульфат-ионы, мг·л ⁻¹	15.1
Ионы NH_4^+ , мг·л ⁻¹	0.52
Нитрат-ионы, мг·л ⁻¹	4.7
Нитрит-ионы, мг·л ⁻¹	Следы
Железо общее, мг·л ⁻¹	3.65
Mn(II), мг·л ⁻¹	0.01
Fe(II), мг·л ⁻¹	3.31
Окисляемость перманганат-ионами, мг·л ⁻¹	5.35
Щелочность, мг-экв·л ⁻¹	4.35
Температура, °С	9.2

тать объем раствора $V_{\text{ж}}$ (л), который может быть нейтрализован до рН 7:

$$V_{\text{ж}} = \frac{(31.37 - 4.16 \text{pH}_0) \cdot 10^{-5} T}{7.98 - \text{pH}_{\text{равн}}} = 6.5 \cdot 10^5. \quad (4)$$

Уравнение (3) и его варианты могут быть полезны также при оценке эффективности материала для нейтрализации воды в динамических условиях. При этом следует учитывать кинетические особенности установления кислотно-основных равновесий в динамических условиях и физическую форму сорбента.

Эффективность карбонатсодержащих трепелов в процессе обезжелезивания подтверждена при очистке артезианских вод.* Физико-химические характерис-

тики воды представлены в табл. 3. Как видно из данных табл. 3, содержание ионов железа для этого водонесточника многократно превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) – 0.3 мг·л⁻¹.

Как показали данные химического анализа, в воде данного источника железо находится преимущественно в виде Fe(II). Согласно литературным данным, наиболее эффективно процессы обезжелезивания протекают в растворах трехзарядного железа. Процесс окисления Fe(II) → Fe(III) протекает на воздухе под действием содержащегося в нем кислорода. В условиях динамической очистки для ускорения процесса насыщения очищаемых водных растворов кислородом часто интенсифицируют путем его дополнительного аэрирования [13].

Очистку воды проводили в режиме динамической фильтрации с упрощенной аэрацией [13] на колонке, заполненной гранулированным трепелом (диаметр колонки 35 мм, высота слоя загрузки 600–650 мм, диаметр гранул 3 мм при длине 3 мм). Для получения гранулированной формы сорбента влажную смесь карбонатного трепела с 10%-ной добавкой бентонитовой глины в качестве связующего формовали на грануляторе ФП-015 в цилиндрические гранулы, которые сушили на воздухе, а затем прокачивали при 650°C.

Как видно из данных табл. 4, очистка воды от ионов железа достигается до норм ПДК. Скорость фильтрации составляет 10–12 м·ч⁻¹ при высоте слоя сорбента в колонке не менее 60–70 см.

Таблица 4

Эффективность удаления Fe_{общ}

Скорость фильтрации воды, м·ч ⁻¹	Содержание железа на выходе из колонки, мг·л ⁻¹		Высота слоя загрузки, см
	без аэрации	с упрощенной аэрацией	
3.8	0.48	0.11	60
10.5	1.10	0.23	60
16.0	1.35	1.02	60
20.0	1.72	1.34	60
28.0	2.31	1.72	60
10	2.07	1.51	22
10	1.73	1.14	34
10	1.22	0.97	47
10	0.51	0.28	63

* Водозабор «Струмень» (Пинск).

Выводы

1. Карбонатсодержащие трепелы проявляют высокую эффективность в процессах удаления Fe(III) из водных растворов и представляют интерес как перспективные материалы для обезжелезивания подземных и сточных вод.

2. Обезжелезивание наиболее эффективно в условиях, когда соотношение массы трепела и объема исходного раствора обеспечивает рН равновесного раствора выше 7. Емкость трепелов по железу достигает в этом случае максимального значения – 7.5 мг-экв-л⁻¹.

Список литературы

- [1] Кремнистые породы СССР. Казань: Татар. кн. изд-во, 1976. 412 с.
- [2] Природные сорбенты СССР. М.: Недра, 1990. 206 с.
- [3] Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев: Наук. думка, 1981. 207 с.
- [4] Гудзь Н.Я., Максим В.И. // Химия и технология воды. 1991. Т. 13. № 5. С. 428–436.
- [5] Баталова Ш.Б., Ликерова А.А., Табанова Х.Г., Жаксылыкова М.Х. // Изв. АН КазССР. Сер. хим. 1989. № 3. С. 83–87.
- [6] Hautala E., Randall J., Goodbau A., Waiss A. // Water Res. 1977. V. 11. N 2. P. 243–245.
- [7] Истомин А.И. // Сб. Науч. тр. науч.-исслед. и проект. ин-та по обогащению руд цвет. мет. Казмеханообр. Алма-Ата: Казмеханообр. 1985. № 28. С. 149–162.
- [8] Машикова Л.П., Огородникова Е.И. // Вестн. МГУ Сер. 2. Химия. 1994. Т. 35. № 5. С. 456–459.
- [9] Ратько А.И., Шаикова И.Л., Вечер В.А., Горбачевич Н.В. // Вестні АН Беларусі. Сер. хім. навук. 1997 № 1. С. 32–37.
- [10] Шаикова И.Л., Ратько А.И., Мильвит Н.В. и др. // ЖПХ. 2000. Т. 73. № 6. С. 914–919.
- [11] Dijk J.C., Scholler Ir.M., Wilms D. // Chem.-Tech. (BRD). 1988-1989. Bd 17. sonderausg. S. 23–27.
- [12] Кумок В.И., Кулешова О.М., Карабин Л.А. Производство растворимости. Новосибирск: Наука. 1983. 267 с.
- [13] Общая химия в формулах, определениях, схемах: Справ. руководство / Под ред. В.Ф.Тикавого. Минск: Университетское, 1987. 501 с.
- [14] Лурье Ю.Ю. Справочник по аналитической химии. М.: Химия, 1967. 390 с.
- [15] Шапша Т.П., Поладян В.Э., Маранц П.С. и др. // Комплекс. непольз. минер. сырья. 1992. № 4. С. 87–89.
- [16] Баталова Ш.Б., Иак Н.Д., Дуймагамбетова С.Д. и др. // Комплекс. непольз. минер. сырья. 1979. № 10. С. 56–59.
- [17] Кульский Л.А., Строкач П.И. Технология очистки природных вод. Киев: Наук. думка. 1987. 216 с.

Журнал прикладной химии. 2000. Т. 73. Вып.

УДК 623.459.004.74

МИНЕРАЛИЗАЦИЯ ПРОДУКТОВ ДЕТОКСИКАЦИИ ИПРИТНО-ЛЮИЗИТНОЙ СМЕСИ

© В.Г.Сахаровский, В.И.Тугушов, Е.В.Кашпарова, А.М.Зякун,
А.И.Кочергин, А.М.Боронин

Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им.Г.К.Скрябина РАН,
Пушкино Московской обл.
Государственный институт технологии органического синтеза,
Вольск-17 Саратовской обл.

Поступило в Редакцию 13 ноября 1999 г. после исправления в июне 2000 г.

Изучен процесс минерализации продуктов детоксикации (нейтрализации) ипритно-люизитной смеси способом электрохимического окисления. Разработан способ разделения солей калия и соединений мышьяка методом электрокоагуляции. Рассмотрена возможность использования полученных солей калия в качестве удобрений для сельского хозяйства.

В России запасы химического оружия представлены отравляющими веществами (ОВ) нервно-паралитического (зарин, зоман, VX) и кожно-парывного действия [иприт, люизит, ипритно-люизитные смеси

(ИЛС)]. Принятая концепция их уничтожения предусматривает две стадии. На первой стадии проводится детоксикация ОВ с получением реакционных масс, непригодных для дальнейшего использования в воен-