

Список цитированных источников

1. Жигалова, М. П. Типология анализа произведений русской литературы: *Монография* / М. П. Жигалова. – Брест : БрГУ, 2004. – 300 с.
2. Жигалова, М. П. Не стреляйте в самих себя... (по рассказу Э. Скобелева «Невинную душу отнять») // *Русский язык и литература* / М. П. Жигалова. – Минск, 2012. – № 4. – С. 17–20.
3. Русскоязычная литература Беларуси конца XX – начала XXI века: сб. научн. статей / редкол.: С. Я. Гончарова-Грабовская (отв. ред) [и др.]. – Минск : РИВШ, 2010. – С.10–15.
4. Боровко, В. Ю. Специфика художественной прозы Э. Скобелева // *Русскоязычная литература Беларуси* / редкол.: С. Я. Гончарова-Грабовская (отв. ред) [и др.]. — Минск : РИВШ, 2010. – С. 4–9.
5. Скобелев, Э. М. Гефсиманский сад: (Блуждание современного духа) / Э. М. Скобелев. – Минск : Мастацкая літ., 1993. – 334 с.
6. Скобелев, Э. М. Катастрофа / Э. М. Скобелев. – Минск : Мастацкая літ., 1994. – 349 с.
7. Скобелев, Э. М. Пересечение параллельных / Э. М. Скобелев. – Минск : Мастацкая літ., 2005. – 509 с.
8. Скобелев, Э. М. Минская тетрадь / Э. М. Скобелев. – Минск : Звёзды гор, 2008. – 224 с.
9. Скобелев, Э. М. Пацаны украли остров. Невинную душу отнять. – Минск, 2010.

УДК 628.3

ИССЛЕДОВАНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ТОКСИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ Zn, Cd, Pb, Cu В ВОДОПРОВОДНОЙ ВОДЕ Г. БРЕСТА МЕТОДОМ ИНВЕРСИОННОЙ ВОЛЬТ-АМПЕРОМЕТРИИ

Б. Н. Житенёв, Д. Д. Сенчук

УО «Брестский государственный технический университет», Брест, Беларусь,
gitenev@tut.by

Аннотация

Рассмотрены вопросы загрязнения пресных водоемов примесями содержащих ионы кадмия Cd^{+2} , свинца Pb^{+2} и меди Cu^{+2} на основании литературных данных установлено все возрастающее загрязнение вод ионами тяжелых металлов в том числе наиболее токсичными ионами кадмия и свинца. Были выполнены исследования содержания токсичных элементов *zn, cd, pb, cu* в водопроводной воде г. Бреста методом инверсионной вольтамперометрии.

Ключевые слова: загрязнение пресных водоемов, очистка сточных вод от ионов Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} , Zn^{+2} , питьевая вода.

RESEARCH OF THE CONTENT OF TOXIC ELEMENTS Zn, Cd, Pb, Cu IN WATER PIPELINE IN BREST BY THE METHOD OF INVERSION VOLT-AMPEROMETRY

B. N. Zhitenev, D. D. Senchuk

Abstract

The issues of pollution of fresh water bodies with impurities containing cadmium ions $Cd + 2$, lead $Pb + 2$ and copper $Cu + 2$ are considered. On the basis of literature data, an ever increasing pollution of waters with ions of heavy metals, including the

most toxic ions of cadmium and lead, has been established. Investigations of the content of toxic elements zn, cd, pb, cu in the tap water of the city of Brest by the method of inversion voltammetry were carried out.

Key words: pollution of fresh water bodies, wastewater treatment from ions Cd + 2, Pb + 2, Cu + 2, Zn + 2, drinking water.

Введение. В настоящее время ведутся активные исследования по методам очистки сточных вод от таких токсичных металлов, как кадмий, свинец, медь и др. Соединения кадмия в воде считаются высокотоксичными веществами. Им присвоен 2 класс опасности. При попадании в организм человека кадмий связывает серосодержащие аминокислоты и ферменты. Его растворимые соединения при проникновении в кровь оказывают влияние на ЦНС, почки и печень, нарушают обмен кальция. Хроническое отравление кадмием приводит к разрушению костной ткани и малокровию. Большая часть соединений этого металла рассеяна в сульфидах цинка, меди и ртути. Минерал с наиболее высоким содержанием кадмия (от 0,3 до 5 %) – сфалерит, или цинковая обманка. Сфалерит, медные и полиметаллические руды – основной природный источник кадмия в воде. Его растворимые соединения попадают в подземные и поверхностные воды в результате выщелачивания горных пород и разложения тканей живых организмов. Грибы, некоторые виды бактерий, морские животные и растения способны накапливать кадмий в больших количествах.

Загрязнение питьевой воды кадмием наносит непоправимый вред всей экосистеме. Элемент относится к кумулятивным ядам, то есть имеет свойство накапливаться в организме. Период его полувыведения составляет 13–40 лет. Скорость выведения снижается при недостатке кальция, железа, селена и цинка. [1].

Свинец – один из важнейших видов минерального сырья и в то же время – глобальный загрязнитель окружающей среды. В природе самородный металл встречается редко, однако содержится в большом количестве минеральных отложений и руд. В естественные водоёмы соединения свинца попадают с атмосферными осадками, из-за вымывания пород и почв. Но самый большой вклад в загрязнение водных источников вносит деятельность человека. Огромное количество свинца поступает в воду со стоками промышленных и горно-обогатительных предприятий. Использование тетраэтилсвинца в автомобильном топливе, бытовые отходы, сжигание угля – так же одни из самых распространённых способов попадания тяжёлых металлов в грунтовые и открытые воды. Нередки случаи присутствия свинца в централизованном водоснабжении. Во многих домах старого образца ещё остались свинцовые трубы или элементы трубопровода, частицы которых в процессе коррозии их поверхности попадают прямо в квартиры. По требованиям СанПин концентрация соединений свинца в питьевой воде не должна превышать 0,03 мг/л. Однако это вещество крайне токсично и имеет свойство накапливаться в организме, что при регулярном употреблении даже микроскопических доз способно вызывать тяжёлые отравления как в острой, так и в хронической формах [2].

Методы очистки. Для извлечения из водных растворов кадмия, меди, никеля, цинка [3] использовался композиционный сорбент. Приготовление которого проводилось по методике, сутью которой являлось образование в порах катионита Dowex Marathon C в Na-форме (аналог универсального катионита КУ-2х8) сорбционно активной фазы гидроксида железа. Тем самым достигалось создание высокоразвитой поверхности сорбента. В качестве исходных для сорбции служили 0,01 н. растворы CuSO_4 , NiSO_4 , CdSO_4 , ZnSO_4 . По возрастанию сорбируемости в растворах с рН 5,4-5,7 металлы расположены в ряд: Cd, Zn, Ni, Cu. В [4] отмечается, что методы сорбции тяжелых металлов на ионообменных смолах широко используются в технологиях водоподготовки. В [5] констатируется, что кадмий находит применение в различных изделиях, например, он используется в производстве аккумуляторов и в различных технологиях, при этом образуются хлорсодержащие системы, в состав которых входит также кадмий, в приводимом примере это CdCl_2 , данные комплексы отличаются высокой стойкостью. Предлагается экстрагировать из этих систем кадмий с использованием гидрофобных никотинамидов, в данном случае это N,N-дигексилпиридин-3-карбоксамид (I). В приводимом примере содержание (I) составляло 1-50 ммоль и HCl 0,1-2,5 моль, в оптимальном варианте содержание Cd^{2+} в органической фазе достигало 640 мг/моль. В работе [6] предлагается метод осаждения кадмия, железа, урана, меди, хрома, никеля, цинка, кобальта, который состоит в том, что в воду дозируют органическое соединение никотинамидадениндинуклеотид в качестве донора электронов, при его участии сульфатредуцирующие бактерии восстанавливают сульфаты до сульфидов, далее в последовательности реакций происходит образование нерастворимых сульфидов металлов, например, это CdS. Сообщается об успешном применении метода. В лабораторных условиях [7] исследовалась возможность удаления из донных отложений (ДО) тяжелых металлов методом электролиза. Реальные ДО содержали медь, цинк, свинец и кадмий в концентрациях 634, 1192, 478 и 16,6 мг/кг сухой массы. В оптимальном варианте эффективность удаления по этим компонентам составила 88, 98, 94 и 99% соответственно. В ходе экспериментов [8] исследовалась возможность сорбционного удаления ТМ (свинец 3,8-4,9 мг/л, кадмий 5,0-5,3 мг/л, цинк 47,5-49,1 мг/л, железо до 600 мг/л и кальций до 448 мг/л) из дренажных шахтных вод с использованием природных цеолитов (ЦЛ), обладавших ионообменными свойствами, этот выбор обусловлен в том числе устойчивостью ЦЛ в кислых средах, их разрушение наблюдается только при рН ниже 2. В лабораторных экспериментах при рН 2,24 и дозе ЦЛ 20 г/л (гранулят 1-2,5 мм) свинец удалялся полностью, с наименьшей эффективностью удалялось железо, присутствие ионов кальция ингибировало процессы сорбции ТМ. В [9] приведены результаты лабораторных экспериментов по удалению из СВ ионов кадмия путем перевода их в форму оксалата кадмия в ходе воздействия на модельные СВ щавелевой кислотой. Сообщается, что оксалат кадмия обладает чрезвычайно низкой растворимостью, в экспериментах содержание Cd^{2+} в СВ составляло 5-6 г/л, при дозе щавелевой кислоты, в 2 раза превышающей концентрацию насыщения, кадмий удалялся с эффективностью более 99% при

pH не ниже 4,5. В работе [10] сообщается, что при производстве сахара с использованием в качестве сырья сахарной свеклы на стадии варки пульпы выделялись СВ, содержавшие галактуроновою кислоту 20%, соединения, включавшие карбоновые группы 0,466 мг/л, также тяжелые металлы. Для первичной обработки этих СВ применялся дешевый сорбент, изготовленный из отходов от производства сахара, основной целью являлось удаление тяжелых металлов. Установлено, что при сорбции тяжелых металлов их сродство к сорбенту уменьшалось в следующем порядке: Pb^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Ni^{2+} , для приведенного порядка металлов сорбционная емкость сорбента изменялась от 0,202 до 0,356 ммоль/г. СВ с сорбентами находились в реакторе 1 л, включенном в контур циркуляции с мембраной для микрофльтрации, тяжелые металлы удалялись с эффективностью не ниже 90%, кадмий и свинец на 100% в течение 10 ч. Для удаления тяжелых металлов чаще всего применяются сорбенты, коммерческие марки которых имеют весьма высокую стоимость. В лабораторных экспериментах в качестве альтернативных сорбентов применялась зола от сжигания древесины (ЗД) и известь. Модельными ТМ являлись Cd, Cu, Pb и Zn в концентрациях от 25 до 1500 мг/л. Установлено, что ЗД как сорбент более эффективна, чем известь, с ее применением наиболее эффективно удаляется свинец (сорбционная емкость 101 мг Pb/г ЗД), затем следуют медь (6,92 мг/г), кадмий (5,03 мг/г) и цинк (4,12 мг/г). При дозе ЗД 20 г/л и содержании ТМ 100 мг/л эффективность их удаления составляла от 92 до 100% [11]. В исследованиях [12] указывается, что при обработке осадков и СВ, содержащих тяжелые металлы, достаточно широко используются методы биосорбции, при которых удаление тяжелых металлов осуществляется аккумуляцией биомассой растений, при этом известны виды растений, способных к так называемой гипераккумуляции. Проблемой при этом является накопление биомассы, загрязненной тяжелыми металлами, в лабораторных экспериментах исследовалась возможность сжигания массы растений с переводом металлов в золу. Использовались растения 4 видов, определен вид, обладающий наибольшей эффективностью, при этом зола от его сжигания содержала цинк 9326 мг/кг сухой массы, свинец 18 мг/кг, кадмий 224 мг/кг и т. д.

Таким образом, исследования по удалению из сточных вод таких токсичных металлов как кадмий, свинец, медь и др. ведутся в следующих направлениях: разработка новых композиционных сорбентов, совершенствовании ионообменной очистки, осаждение, например, в виде сульфидов или оксалатов, сорбция золой от сжигания древесины, биосорбция растениями [3–12]. В работах [13–31] приведены результаты исследований по очистке сточных вод от ионов тяжелых металлов путем использования модификаций природного торфа.

Обзор литературных данных позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время возрастает загрязненность пресных вод ионами тяжелых металлов: Cd, Cu, Pb и Zn. Поскольку подпитка подземных вод осуществляется из поверхностных источников, то неизбежно ионы тяжелых металлов мигрируют и в подземные источники.

Материалы и методы исследований. Одними из опаснейших стойких загрязнений водных объектов являются ионы тяжелых металлов: цинка, кадмия, свинца, меди, из которых наиболее токсичными являются кадмий и свинец. В этой связи возникает необходимость постоянного контроля содержания тяжелых металлов в воде, что требует применения чувствительных методик аналитической химии. Анализ проб на содержание Zn^{+2} , Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} выполняли с помощью анализатора вольтамперометрического АВА-3 (рис. 1). На рисунке 2 приведен пример анодных вольтамперных кривых, зарегистрированных на индикаторном электроде при анализе пробы раствора на содержание Cd^{+2} , Pb^{+2} , Cu^{+2} .

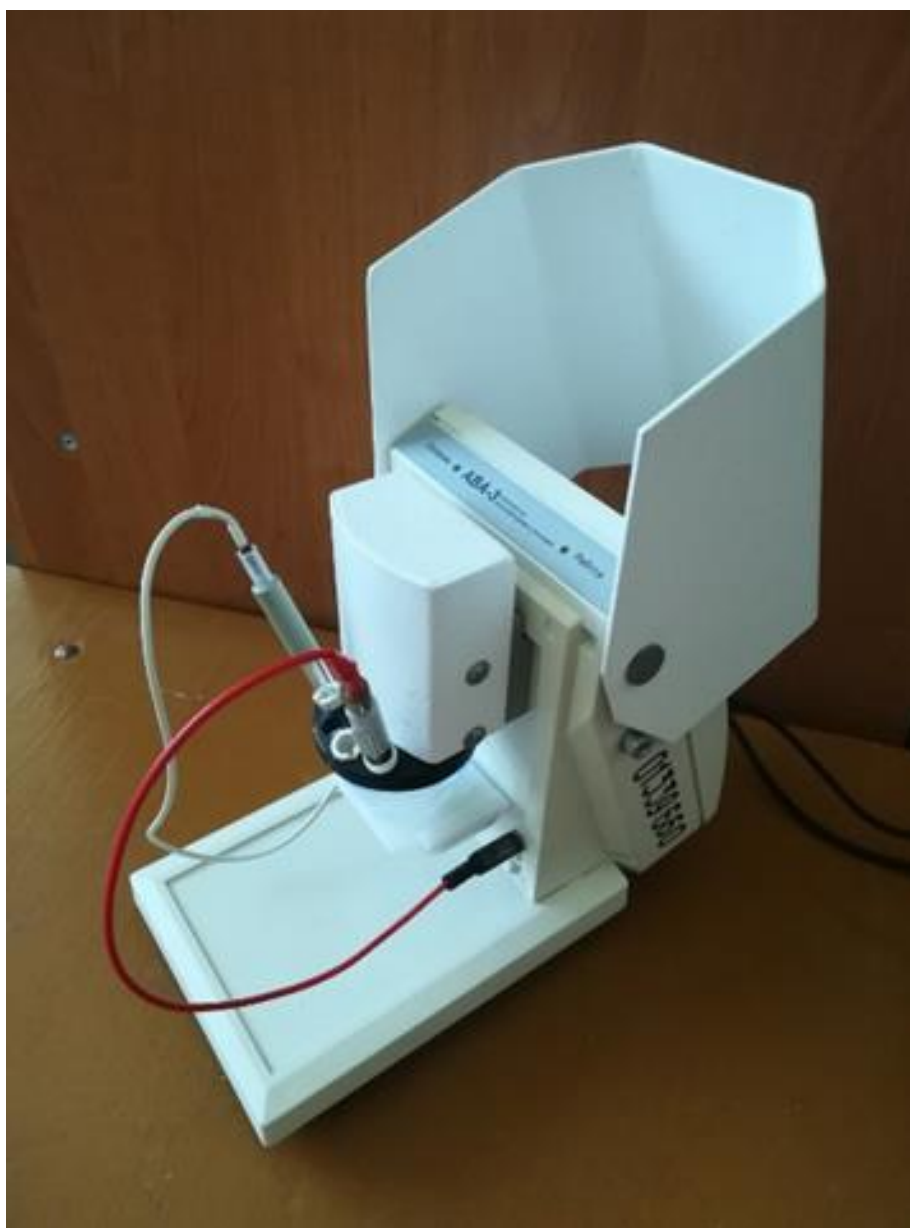


Рисунок 1 – Анализатор вольтамперометрический АВА-3

Отбор проб питьевой воды осуществлялся из разных точек водопроводной сети г. Бреста (рис. 3).

Таблица 1 – Содержание *Zn, Cd, Pb* и *Cu* в пробах водопроводной воды г. Бреста

Название улицы	Параметрические величины, мкг/ дм ³			
	Zn	Cd	Pb	Cu
Жукова	4,9±0,4	0,240±0,058	1,07±0,24	1,08±0,04
Смирнова	6,4±1,2	0,366±0,028	1,06±0,12	0,86±0,01
Халтурина	5,1±1,1	0,367±0,201	1,29±0,21	1,32±0,42
Луцкая	9,4±0,4	0,029±0,019	0,37±0,10	3,33±0,17
Московская	18,2±5,3	0,194±0,088	0,23±0,03	6,67±0,71
Чапаева	66,9±2,4	0,270±0,065	1,05±0,07	1,74±0,04
Лейтенанта Рябцева	8,9±1,9	0,299±0,104	1,53±0,15	2,16±0,62
Площадь Свободы	58,5±1,9	0,191±0,009	0,69±0,01	1,30±0,27
Орджоникидзе	25,9±1,3	0,135±0,044	0,64±0,14	1,59±0,21
Партизанский просп.	26±5	0,109±0,057	0,33±0,15	0,76±0,05
Махновича	70,6±2,2	0,102±0,117	0,59±0,09	1,12±0,22

В таблице 2 приведены нормативные требования к питьевой воде Санитарными правилами и нормами СанПиН 10-124 РБ 99 и Директивой Совета Европейского Союза 98/83/ЕС.

Таблица 2 – Нормативные требования к содержанию *Zn, Cd, Pb* и *Cu* в водопроводной воде

Параметры	Параметрические величины, мкг/дм ³	
	Санитарные правила и нормы СанПиН 10-124 РБ 99	Директива Совета Европейского Союза 98/83/ЕС от 3 ноября 1998 г. о качестве воды, предназначенной для потребления людьми
Цинк, (Zn ²⁺)	5000	
Кадмий, (Cd ²⁺)	1	5
Свинец, (Pb ²⁺)	30	10
Медь, (Cu ²⁺)	1000	2000

Заключение. На основании проведенных исследований и анализа данных приведенных в таблицах 1 и 2 можно сделать вывод: вода в водопроводной сети г. Бреста в полной мере соответствует требованиям Санитарных правил и нормам СанПиН 10-124 РБ 99 и Директиве Совета Европейского Союза 98/83/ЕС о качестве воды, предназначенной для потребления людьми.

Список цитированных источников

1. <https://fb.ru/article/272329/kadmiy-vliyanie-na-organizm-cheloveka-otравlenie-tyajelyimi-metallami>, дата доступа 16.04.2020.
2. info@kr-company.ru, дата доступа 14.04.2021.
3. Марков, В. Ф. Использование композиционного сорбента для извлечения из водных растворов меди, никеля, цинка, кадмия / В. Ф. Марков, Н. И. Формазюк, Л. Н. Маскаева, Ю. Н. Макурин, А. Н. Васин // Экологические проблемы промышленных регионов: Материалы 7 Всероссийской научно-практической конференции, Екатеринбург, 2006. Екатеринбург : АМБ. – 2006, С. 224.

4. Silva, D. L., Brunner G. Десорбция тяжелых металлов из ионообменной смолы с использованием воды и диоксида углерода. Desorption of heavy metals from ion exchange resin with water and carbon dioxide. *Braz. J. Chem. Eng.* 2006. 23, N 2, С. 213–218.
5. Tomaszewska Marta, Jeschke Anna, Borowiak-Resterna Aleksandra, Cierpiszewski Ryszard, Prochaska Krystyna. Экстракция Cd(II) из хлорсодержащих систем с использованием гидрофобных никотинамидов. Studies on the rate of extraction of Cd(II) from chloride systems with hydrophobic nicotinamide derivatives. *Przem. chem.* 2006. 85, N 8–9, С. 668–670.
6. Удаление из воды тяжелых металлов. In situ immobilization of metals within density variant bodies of water. Пат. 7011756 США, МПК⁸ С 02 F 1/62, С 02 F 3/28. Harrington Joseph G. N 10/398703; Заявл. 03.10.2001; Опубл. 14.03.2006; НПК 210/603. Англ.
7. Удаление тяжелых металлов из донных отложений. Electrodialytic removal of Cu, Zn, Pb, and Cd from harbor sediment: influence of changing experimental conditions. *Environ. Sci. and Technol.* 2005. 39, N 8, С. 2906–2911.
8. Gavris Georgeta, Burtica Georgeta, Iovi Aurel. Процесс очистки сточных вод с удалением ионов кадмия. Study of the cleaning process with cadmium ions from residual waters. *Bul. sti. Univ. "Politehn." Timisoara. Ser. Chim. si ing. med.* 2005. 50, N 1–2, С. 163–165.
9. Gavris Georgeta, Burtica Georgeta, Iovi Aurel. Процесс очистки сточных вод с удалением ионов кадмия. Study of the cleaning process with cadmium ions from residual waters. *Bul. sti. Univ. "Politehn." Timisoara. Ser. Chim. si ing. med.* 2005. 50, N 1–2, С. 163–165.
10. Reddad Z., Gerente C., Andres Y., Le Cloirec P. Очистка сточных вод от производства сахара. Valorisation d'un sous-produit de l'industrie sucriere: mise en uvre dans un procede de traitement d'eaux usees industrielles. *Dechets: sci. et techn.* 2005, N 39, С. 9–14.
11. Chirenje Tait, Ma Lena Q., Lu Liping. Удаление из сточных вод кадмия, меди, свинца и цинка. Retention of Cd, Cu, Pb and Zn by wool ash, lime and fume dust. *Water, Air, and Soil Pollut.* 2006. 171, N 1–4, С. 301–314.
12. Лиштван, И. И. Очистка сточных вод от металлов-экоотоксикантов торфяными препаратами / И. И. Лиштван, В. М. Дударчик, С. И. Коврик, Т. П. Смычник // *Химия и технол. воды.* – 2007. 29, №1. – С. 67–74.
13. Богущ, А. А. Применение природных материалов для очистки техногенных вод / А. А. Богущ, Т. Н. Мороз, О. Г. Галкова, О. М. Маскенская // *Экол. пром. пр-ва.* – 2007. – № 2. – С. 63–69.
14. Богущ, А. А. Применение торфо-гуминовых веществ для снижения техногенного влияния отходов на окружающую среду / А. А. Богущ, А. Н. Трофимов // *Хим. пром-сть.* – 2005. 82. – № 3. – С. 153–158.
15. Арканова, И. А. Новые фильтрующие материалы для очистки природных вод / И. А. Арканова, Д. М. Китаев, Ю. Д. Луценко // *Материалы 46 Международной научно-технической конференции "Достижения науки – агропромышленному производству"*, Челябинск, 2007. Челябинск : Челяб. гос. агроинж. ун-т, 2007. – Ч. 3. – С. 164–169.

16. Ulmanu Mihaela, Anger Ildiko, Fernandez Yolanda, Castrillon Leonor, Maranon Elena. Удаление хрома(VI), кадмия и свинца из водных растворов сорбцией торфом. Batch chromium(VI), cadmium(II) and lead(II) removal from aqueous solutions by horticultural peat. *Water, Air, and Soil Pollut.* 2008. 194, N 1–4, С. 209–216.
17. Косов В. И., Баженова Э. В. Сорбционно-фильтровальная загрузка для очистки воды и способ ее производства. Пат. 2174439 Россия, МПК⁷ В 01J 20/28, 20/24, 20/30. Твер. гос. техн. ун-т. N 2000116957/12; Заявл. 26.06.2000; Оpubл. 10.10.2001. Рус. RU.
18. Косов, В. И. Исследования сорбентов на природной основе для очистки промстоков от цинка. / В. И. Косов, Э. В. Баженова // Международная научно- практическая конференция «Проблемы инженерного обеспечения и экологии городов», Пенза, дек., 1999 : Сборник материалов. – Пенза : Изд-во Приволж. дома знаний, 1999. – С. 130–133.
19. Косов, В. И. Очистка промстоков от ионов цинка с применением гранулированного торфа / В. И. Косов, Э. В. Баженова, Ф. Ф. Чаусов // Хим. и нефтегаз. машиностр. – 2001, – № 7. – С. 38–40.
20. Янг-Тсе, Ханг Очистка сточных вод производства по переработке картофеля с использованием адсорбции торфом и глиной и биопрепаратов / Янг-Тсе Ханг, Ло Говард Г. // Исследование проблем водоснабжения, водоотведения и подготовки специалистов : Межвузовский сборник научных трудов. Казан. гос. архит.- строит. акад. Казань : Изд-во КГАСА, 1999. – С. 129–132.
21. Способ приготовления сорбента для очистки сточных вод. Method of processing peat for use in contaminated water treatment. Пат. 6429171 США, МПК⁷ В 01 J 20/22. Environmental Filtration, Inc., Clemenson Lyle J. N 09/514197; Заявл. 25.02.2000; Оpubл. 06.08.2002; НПК 502/404. Англ. US.
22. Sun Qing-ye, Yang Lin-zhang. Удаление хрома из водных растворов модифицированным торфом. *Chengshi huanjing yu chengshi shengtai=Urban Environ. and Urban Ecol.* 2002. 15, N 3, С. 5–8.
23. Баженова, Э. В. Экспериментальное обоснование способов очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов торфяными модификациями / Э. В. Баженова // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Твер. гос. техн. ун-т, Тверь, 2002. – 22 с.
24. Томсон, А. Перспективы использования торфа для решения комплексной проблемы охрана окружающей среды / А. Томсон, А. С. Самсонова, З. М. Алещенкова, А. И. Николаенков, Б. А. Мелещенко, Т. В. Соколова, Ю. Ю. Навоша, В. С. Пехтерева, Е. И. Чистякова, В. В. Кухарчик // Физика и химия торфа в решении проблем экологии: Тезисы докладов Международного симпозиума, Минск, 3–7 нояб., 2002. – Минск : Тонпик, 2002. – С. 158–160.
25. Вялкова, Е. И. Очистка сточных вод с использованием природных материалов и отходов производства / Е. И. Вялкова, А. А. Большаков // Актуальные проблемы современного строительства: Сборник научных трудов 32 Всероссийской научно-технической конференции, Пенза, 25–27 мар-

- та, 2003. Строительные материалы и изделия. Пенза : Изд-во ПГАСА, 2003. – Ч. 1. – С. 194–198.
26. Ma W., Tobin J. M. Удаление из сточных вод тяжелых металлов методом биосорбции. Development of multimetal binding model and application to binary metal biosorption onto peat biomass. Water Res. 2003. 37, N 16, с. 3967-3977.
27. Ho Y. S., McKay G. Сорбция $\text{Cu}(2+)$ из водных растворов торфом. Sorption of copper (II) from aqueous solution by peat. Water, Air, and Soil Pollut. 2004. 158, N 1–4, С. 77–97.
28. Sun Q. Y., Lu P., Yang L. Z. Адсорбция свинца и меди из водных растворов модифицированным торфом. The adsorption of lead and copper from aqueous solution on modified peat-resin particles. Environ. Geochem. and Health. 2004. 26, N 2, С. 311–317.
29. Дремичева, Е. С. Изучение кинетики сорбции на торфе ионов железа(III) и меди(II) из сточных вод / Е. С. Дремичева // Вестн. Моск. ун-та. сер. 2. Химия. – 2017. – Т. 58. – № 4.
30. Житенёв, Б. Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Б. Н. Житенёв, Д. Д. Сенчук // Вестник Брестского государственного технического университета, БрГТУ, 2019, № 2 (104). – Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика, геоэкология. – С. 61–65.
31. Житенев, Б. Н. Исследование сорбционных свойств брикетированного торфа для очистки сточных вод от ионов кадмия, свинца и меди / Б. Н. Житенев, А. Д. Гуринович, Д. Д. Сенчук // Вестник МГСУ. – 2020. – Т. 15. – Вып. 11. – С. 1534–1545. DOI: 10.22227/1997-0935.2020.11.1534-1545.

УДК: 504.062

РЕГУЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА СТОЧНЫХ ВОД НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПО ПРОИЗВОДСТВУ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ

П. Н. Захарко, С. А. Дубенок

РУП «Центральный научно-исследовательский институт комплексного использования водных ресурсов», Минск, Беларусь, polina.k.85@mail.ru

Аннотация

Детализация отдельных производственных процессов на предприятиях по производству молочных продуктов позволяет выделить факторы, влияющие на качественный состав производственных сточных вод. Сформированные зависимости между осуществляемыми технологическими процессами и качественным составом сточных вод необходимы для выбора технологии очистки сточных вод.

Ключевые слова: качество, сточные воды, лабораторные испытания, водопользование.