

10. Herbold, K. Comparison of ozone inactivation: In flowing water of Hepatitis A virus, Poliovirus 1, and Indicator Organisms / K. Herbold, B. Fleming, K. Botzenhart // Applied and environmental microbiology: USA – 1989 – Vol. 55 – № 11 – P. 2949–2953.
11. Hunt, N.K. Kinetics of Escherichia coli inactivation with ozone / N.K. Hunt, B.J. Marin // Water Resources: Great Britain – 1997 – Vol. 31 – № 6 – P. 1355–1362.
12. Jun Wen Li Mechanisms of Inactivation of Hepatitis A Virus by Chlorine / Jun Wen Li [et al.] // Applied and environmental microbiology: USA – 2002 – Vol. 68 – № 10 – P. 4951–4955.
13. Hoff, J.C. Microbial Resistance to Disinfectants: Mechanisms and Significance / J.C. Hoff, E.W. Akin // Environmental Health Perspectives: USA – 1986 – Vol. 69. – P. 7–13.
14. Favero, M.S. Factors influencing the occurrence of high numbers of iodine-resistant bacteria in iodinated swimming pools / M.S. Favero, C.H. Drake // Applied Microbiology – 1966 – Vol. 14. – P. 627–635.
15. Carson, L.A. Factors affecting comparative resistance of naturally occurring and subcultured Pseudomonas aeruginosa to disinfectants / L.A. Carson [et al.] // Applied Microbiology – 1972 – Vol. 23 – P. 863–869.
16. Kuchta, J.M. Enhanced chlorine resistance in tap water-adapted Legionella pneumophila as compared with agar medium-passaged strains / J.M. Kuchta, S.J. States, J.E. McGlaughlin // Applied Environmental Microbiology – 1985 – Vol. 50 – P. 21–26.
17. Сооружения водоподготовки. Обеззараживание воды. Правила проектирования: ТКП 45-4.01-181-2009. Введ. 29.12.2010. – Минск: Госстандарт, – 2010. – 32 с.
18. Генератор озона: пат. Респ. Беларусь, МПК7 С 02 В 13/11 / С.М. Дмитриев, М. П. Кондратьев; заявитель ООО «РовалантСпецСервис». – № а2003040115, заявл. 04.01.03; опубл. 30.06.05 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. уласнасці. 2005. – № 2. – С. 54.
19. Драгинский, В.Л. Озонирование в процессах очистки воды / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева, В.Г. Самойлович // Под ред. В.Л. Драгинского. – М.: Делти принт, – 2007. – 400 с.
20. Romanovski, V.I. Ozone disinfection of water intake wells and pipelines of drinking water supply systems / V.I. Ramanouski, A.D. Gurinovich, Yu.N. Chaika, P. Wawzhenyuk // Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of inorganic substances. – 2013. – № 3. – P. 51–56.
21. Романовский, В.И. Эффективность использования озона в технологии водоподготовки / В.И. Романовский, А.Д. Гуринович, П. Вавженюк // Водоочистка. – 2014. – №2. – С. 66–70.
22. Hurynovich, A.D. Analiza efektywności kaskadowego generatora ozonu / A.D. Hurynovich, V.I. Romanovski, P. Wawrzeniek // Economia i środowisko. – 2013. – № 1(44). – S. 156–164.

Материал поступил в редакцию 25.02.15

RAMANOUSKI V.I., RYMOVSKAIA M.V., BESSONOVA YU.N., LIKHAVITSKI V.V. Analysis of the disinfection effectiveness of drinking water supply facilities with the use of chlorinated disinfectants and ozone

In this paper a comparative analysis of the inactivation of microorganisms using chlorine-containing bleach and a solution of ozone in water under comparable conditions is given. As the test chlorine-containing substances: bleach, sodium hypochlorite and calcium hypochlorite were used. As test organisms to determine the efficacy of disinfection bacteria.

УДК 628.32: 54

Левчук Н.В., Новосельцева А.Г.

МЕТОД УДАЛЕНИЯ ФОСФАТОВ ПРИ ОЧИСТКЕ ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОД

Введение. Как показывают результаты системного наблюдения за состоянием водных экосистем, основной причиной загрязнения водных объектов остается сброс неочищенных или недостаточно очищенных сточных вод. С учетом места нахождения водного объекта, его качественного состава, свойств сточных вод, в пунктах наблюдения обязательным условием является определение в воде химических, биологических и токсикологических показателей.

Наряду с такими показателями как содержание растворенного кислорода, БПК, ХПК, pH, содержание взвешенных веществ, определяются концентрации ионов: NH^+ , NO_3^- , NO_2^- , PO_4^{3-} , концентрации нефтепродуктов, СПАВ и др.

В целом все загрязнения природных и сточных вод можно разделить на две группы: минерального и органического происхождения. Фосфаты содержатся в составе как минеральных, так и органических веществ. Превышение фонового содержания фосфатов обусловлено содержанием их в составе сточной воды, миграцией фосфатов с атмосферными и тальными водами, растворяющими минеральные удобрения сельскохозяйственных угодий, содержанием фосфатов в составе синтетических моющих средств.

Наибольшее негативное воздействие фосфатов проявляется в поверхностных водоемах и водотоках в районах с интенсивной антропогенной нагрузкой, вызывая существенные изменения состояния водных экосистем [1]. Поскольку фосфаты активно участвуют в процессах жизнедеятельности гидробионтов, повышенное содержание фосфатов можно оценить с помощью классических гидробиологических методов: биоиндикация и биотестирование. Например, на

основе анализа численности и видового состава фитопланктона.

Вместе с тем основным источником централизованного водоснабжения сельских и городских поселений Республики Беларусь являются подземные воды, имеющие практически повсеместно повышенное содержание железа, что не позволяет использовать их без очистки, как для хозяйственно-питьевых, так и для технических целей. При повышенном содержании железа природная вода должна подвергаться специальной обработке, т.е. обезжелезиванию. Таким образом, в условиях нашей республики в значительных объемах образуются промывные воды после станций обезжелезивания. Основным компонентом осадка, образующегося при осветлении промывных вод станций обезжелезивания, является трехвалентное железо в форме хлопьевидного гидроксида железа.

Одной из проблем, связанных с образованием железосодержащих осадков, является его утилизация (сброс в окружающую среду, реки, каналы, складки рельефа и др.), что приводит к накоплению неорганического шлама и загрязнению окружающей среды. Ликвидация осадков станций обезжелезивания связана с определенными трудностями технического и организационного характера. В практике очистки природных вод известны различные способы утилизации осадков, дающие определенный экономический эффект, например, использование осадка для создания жаростойкого покрытия при изготовлении поддонов и изложниц или в качестве добавок при выпуске портландцемента. Возможно также использование таких осадков при производстве строительных материалов, например, керамики [2].

Учитывая химический состав осадков, образующихся при обра-

Левчук Наталья Владимировна, к.т.н., доцент, доцент кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

Новосельцева Анна Геннадьевна, ассистент кафедры водоснабжения, водоотведения и охраны водных ресурсов Брестского государственного технического университета.

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

ботке промывных вод станций обезжелезивания подземных вод, исследовалась возможность использования их в качестве реагента для физико-химического удаления фосфора из сточных вод.

Теоретическое обоснование метода очистки от фосфатов.

Удаление фосфатов в процессах водоподготовки и очистки сточных вод, в связи с их аккумуляцией в водных экосистемах, является важной задачей при эксплуатации водных объектов.

Одним из способов удаления фосфатов является коагуляция с последующим осаждением. Фосфаты могут быть удалены из обрабатываемой воды осаждением солей Fe^{3+} или Al^{3+} . Изучение процессов самопроизвольного осаждения фосфатов в лабораторных условиях [2] осуществляется, как правило, при высоких концентрациях и значениях pH, которые не характерны для природных водоемов. Добавление к воде, содержащей фосфаты, ионов Fe^{3+} может привести к образованию: 1) фосфатов состава $nFePO_4 \cdot mFe(OH)_3$; 2) $Fe(OH)_3$ или $FeOOH$ и адсорбции фосфатов на поверхности этих гидроксидов, 3) Коагуляция взвешенных твердых примесей и фосфатов полиядерными продуктами гидролиза Fe^{3+} [3].

В процессе водоподготовки или очистки сточных вод при расчете оптимальной дозы реагента снижается время пребывания воды в реакторе и уменьшается его объем.

Стоимость реагентов, используемых для осаждения фосфатов ($Al_2(SO_4)_3$, $FeSO_4$ и др.), достаточно велика и если учесть, что очистка сточной воды с применением реагентов осуществляется непрерывно, то это приводит к большим затратам, связанным с необходимостью их покупки.

В нашей работе в качестве коагулянта использовался осадок, образующийся после обработки промывных вод на станции обезжелезивания. Промывные воды содержат 100–300 мг/л железа. Основным компонентом осадка, образующегося при осветлении промывных вод, является трехвалентное железо в форме хлопьевидного гидроксида железа (III) $Fe(OH)_3$. Для получения более концентрированного продукта по содержанию железа промывные воды обрабатывались реагентом фосфатом натрия Na_3PO_4 дозой 40 мг/л и коагулянтом сульфатом алюминия $Al_2(SO_4)_3$ дозой 60 мг/л [4]. В результате взаимодействия фосфата натрия с солями железа образуются коллоидные частицы фосфата железа (III), обладающие очень низкой растворимостью: $Na_3PO_4 + Fe^{3+} \rightarrow FePO_4 \downarrow + 3Na^+$. Коагулянт интенсифицирует укрупнение частиц, что приводит к интенсивному осаждению соединений железа.

Методика проведения эксперимента. Были определены свойства осадка: влажность и содержание железа. Влажность составила 95,8%. Содержание железа находилось колориметрическим методом с роданидом калия. Этот метод основан на способности катионов железа взаимодействовать в сильно кислой среде с анионами роданида калия [5]. В результате было установлено, что содержание железа в осадке составило 2500 мг/л в виде $Fe(OH)_3$. Таким образом, был получен высококонцентрированный железосодержащий реагент.

Для экспериментальной проверки полученного реагента был выполнен ряд экспериментов по удалению фосфора из сточных вод физико-химическим методом. Исследование было направлено на определение необходимой дозы полученного реагента для снижения концентрации фосфатов в сточной воде. После добавления реагента вода отстаивалась 1 час и фильтровалась через плотный фильтр (синяя лента), затем определялась остаточная концентрация фосфатов спектрометрическим методом с молибдатом аммония. Этот метод основан на взаимодействии ионов ортофосфатов в кислой среде с раствором, содержащим молибдат и ионы сурьмы, в результате чего образуется комплекс фосфомолибдата сурьмы. Восстановление комплекса аскорбиновой кислотой приводит к образова-

нию ярко окрашенного молибденового синего комплекса. Далее проводится измерение величины поглощения этого комплекса с целью определения концентрации присутствующего ортофосфата. Полифосфат и некоторые фосфорорганические соединения определяют после их гидролиза серной кислотой, в результате чего образуется ортофосфат, реагирующий с молибдатом. Многие фосфорорганические соединения преобразуются в ортофосфат минерализацией с пероксидисульфатом. Минерализацию смесью азотной и серной кислот проводят в том случае, когда требуется более глубокая обработка [6]. Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты экспериментов по определению оптимальной дозы реагента для удаления фосфатов из сточных вод

№ опыта	Содержание фосфатов в сточной воде, мг/л	Доза железа, мг/л	Расход реагента на удаление 1 мг фосфатов	Содержание фосфатов в очищенной воде, мг/л	Эффект очистки воды от фосфатов, %
1	10	5,9	0,59	7,8	22
2	10	10	1	5,5	45
3	10	14,7	1,47	3,5	65
4	10	19,5	1,95	2,3	77
5	10	24,8	2,48	1,8	82

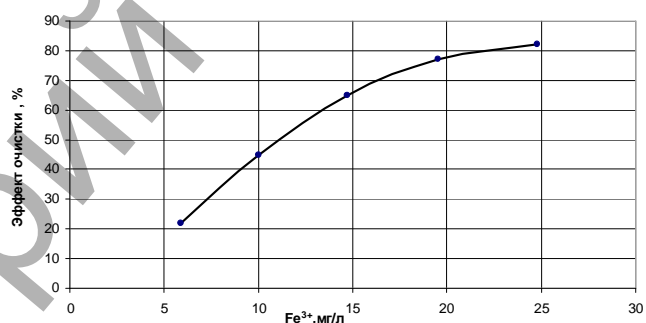


Рис. 1. Зависимость эффекта очистки городских сточных вод от удельной дозы железа, вводимого в виде реагента

Как видно из графика, представленного на рисунке 1, эффект очистки с увеличением дозы реагента постепенно увеличивается, но с каждой последующей дозой увеличение эффекта очистки замедляется. Оптимальной дозой является доза 24,8 мг/л, дальнейшее увеличение дозы нецелесообразно, так как приводит к незначительному повышению эффекта очистки. Эффект очистки при добавлении 24,8 мг/л реагента в сточную воду составил 82 %.

Заключение. Данная методика использования в качестве коагулянта осадка, образующегося после обработки промывных вод на станции обезжелезивания, и снижения концентрации фосфатов в сточных водах путем добавления полученного реагента может быть использована на городских очистных сооружениях канализации при очистке сточных вод физико-химическим методом от соединений фосфора. Это должно позволить решить ряд проблем, главная из которых - снижение загрязнения окружающей среды, водоемов, почв из-за поступлений соединений фосфора в водоемы и из-за утилизации осадков промывных вод станций обезжелезивания.

При обработке воды предлагаемым реагентом отпадает необходимость при удалении фосфатов из сточных вод в приобретении дорогостоящих реагентов и не происходит увеличения в воде солевого содержания по хлоридам и сульфатам, как при использовании товарных продуктов солей алюминия и железа.

Использование в дальнейшем данного реагента будет направлено на извлечение из сточных вод других видов загрязнений.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тихонова, И.О. Экологический мониторинг водных объектов / И.О. Тихонова, Н.Е. Кручинина, А.В. Десятов – М.: Форум НИЦ ИНФРА-М, 2012. – 152 с.
2. Шевченко, Л.Я. Утилизация осадков водопроводных станций / Л.Я. Шевченко // Водоснабжение и санитарная техника. – № 4. – 1985. – С. 21.
3. Химия промышленных сточных вод / Пер. с англ. под ред. А.М. Рубина – М.: Химия, 1983. – 360 с.
4. Науменко, Л.Е. Технология очистки промывных вод станций обезжелезивания коагулированием в присутствии фосфатов: диссертация кандидата технических наук: 05.23.04 / Л.Е. Науменко – Брест, 2009. – 190 с.
5. Строкач, П.П. Практикум по технологии очистки природных вод / П.П. Строкач, Л.А. Кульский. – Минск: Вышэйшая школа, 1980. – 320 с.
6. Лурье, Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод / Ю.Ю. Лурье – Москва: Химия, 1973. – 376 с.

Материал поступил в редакцию 05.03.15

LEVCHUK N.V., NOVOSILTSEVA A.G. Method phosphate removal when cleaning natural and wastewaters

The article presents a method of phosphate removal from wastewater using reagents prepared from sludge wash water deironing stations.

УДК 556.18(476)

Волчек А.А., Валуге В.Е., Мешик О.П., Дашкевич Д.Н.

СНИЖЕНИЕ НЕГАТИВНЫХ ПОСЛЕДСТВИЙ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА И МЕРЫ ПО АДАПТАЦИИ К НИМ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. Объективная необходимость адаптационных мер.

Современные изменения/колебания параметров климата Беларуси исследователями коррелируются с факторами глобального потепления, а водные ресурсы по своей структуре, объемам, качественным характеристикам оцениваются на фоне постоянно увеличивающейся антропогенной нагрузки на водные экосистемы в целом. Выявленные тенденции в изменениях атмосферных осадков, температур и дефицитов влажности воздуха за репрезентативный период (1985–2009) нами положены в основу моделирования основных климатических параметров и прогнозных оценок изменений гидрологических режимов рек/водоохозяйственных объектов по состоянию на 2020 год [1]. Установлено, что годовой сток рек бассейнов Западной Двины и Вилии в перспективе снизится в среднем на 5–10%, Немана и Западного Буга не изменится, а Днепра и Припяти увеличится до 20%. В ряде развитых сельскохозяйственных регионов страны возможно ухудшение их обеспеченности водой, как и нужд растущего населения и развивающейся промышленности.

Очевидны два стандартных пути удовлетворения дополнительных потребностей в воде в условиях изменений климата:

- снижение удельного потребления водных ресурсов на основе прогрессивных технологий водосбережения, введение эффективных экономических и административных инструментов (плата за воду, штрафы за ее перерасход и т.д.);
- экстенсивное наращивание суммарного потребления воды за счет внутренних и внешних источников (подземные воды, переброска водных ресурсов из водообеспеченных регионов и т.д.).

Адаптационные меры по снижению негативных влияний на водохозяйственные объекты должны включать соответствующие экономические механизмы и инструменты, стимулирующие как проведение комплекса крупномасштабных мероприятий, так и мероприятий регионального характера, интегрирующих в себе изменение климатических условий на местном уровне.

В широком понимании «адаптация» – приспособление природных и антропогенных систем к произошедшим/ожидаемым изменениям климата (их последствиям) при учете чувствительности, уязвимости, приспособляемости систем к последствиям.

Решение проблемных научно-технических задач невозможно без разработки широкого плана действий, как основы соответствующей политики и мер, актуальных в краткосрочном, среднесрочном и долгосрочном периодах. Стратегии и меры адаптации водохозяйственных объектов к современным изменениям климата должны разраба-

тываться в контексте всесторонней оценки их уязвимости. При возможности структурной оценки уязвимости, из-за отсутствия реальной информации, стратегии и меры адаптации должны основываться на общедоступной глобальной или местной информации, например, как проекции изменений в гидрологии, сочетаемые с экспертным и местным знанием.

Цели разрабатываемой стратегии увязываются с целями развития, мнениями заинтересованных сторон и наличием ресурсов. Процесс принятия решений осуществляется ответственными лицами органов власти (национальных, региональных, местных, их подразделений), а также частного сектора и гражданского общества. Поощряется их участие в стратегическом планировании позволит минимизировать риск недооценки всего спектра адаптационных мер или недостаточную их идентификацию. В пределах оценки риска и в процессе принятия решений, различия в представлениях о рисках и ценностях должны быть сведены к нулю.

Адаптационные меры – многозвенная система: предотвращение негативных последствий, повышение устойчивости водохозяйственных объектов, подготовка и проведение ответных мер, восстановление объектов. Меры по предотвращению и повышению устойчивости связаны как с постепенными/перманентными воздействиями изменений климата, так и с проявлением экстремальных климатических явлений. Меры по подготовке, реагированию и восстановлению относятся, главным образом, к экстремальным явлениям, таким как наводнения и засухи.

Меры широко варьируются и представляют симбиоз структурных и неструктурных, нормативных и экономических инструментов, образовательных, просветительских и других мер. В настоящее время большинство стратегий адаптации замкнуто на структурных аспектах, например, на защитных дамбах. Вместе с тем, неструктурные меры включают в себя ценную информацию и сказываются на потенциале реализуемых решений. Оптимально сочетаемые меры по определению дополняют и усиливают друг друга, их комплекс минимизирует затраты, обеспечивает высокую эффективность инженерно-технических мероприятий.

Если воздействия изменения климата проявляются в различных временных масштабах, то катастрофические события происходят в сравнительно короткие периоды времени. Многие «эффекты» изменения климата проявляются в течение более длительных временных периодов и будут адекватно оцениваться по мере накопления информации. Единого, определенного и окончательного набора мер не

Валуге Владимир Егорович, к.т.н., доцент, профессор кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета.

Мешик Олег Павлович, к.т.н., доцент, зав. кафедрой природообустройства Брестского государственного технического университета.

Дашкевич Денис Николаевич, ст. преподаватель кафедры природообустройства Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.