

Поэтому целесообразно проводить первичную очистку воды от грануляторов посредством нефтемаслосборного устройства барабанного типа. Работа устройства основана на принципе адгезии пленки нефтемаслопродуктов на цилиндрическом барабане из гидрофобного полимерного материала при контакте со сточной водой, с дальнейшим удалением нефтепродуктов из объема резервуара и извлечению их из барабана в специальную емкость. Повышение качества первичной очистки воды в грануляторе достигается применением реагентов, которые не требуют больших затрат и сложных строительных или монтажных работ. Суммарный эффект очистки составляет более 90 %.

Для повышения качества очистки воды дополнительно нужно устанавливать вторую ступень очистки на выходе из производственного помещения, куда будут поступать сточные воды от грануляторов, атмосферных осадков из внутренних водостоков с кровли сооружений, масла, взвешенные вещества от мытья пола цехов и другие загрязнения.

Для сброса промышленных сточных вод в водоемы нужно провести глубокой доочистку с применением реагентных и сорбционных методов.

Чтобы в дальнейшем использовать воду в системе оборотного водоснабжения, необходимо провести третью степень очистки, где применяются простые методы естественного отстаивания.

При возврате воды в производство целесообразна организация «грязных» водооборотных циклов перед резервуаром нагретой воды оборотной системы. Из резервуара вода поступает на градирню, далее сливается в резервуар холодной воды и насосами возвращается в производство.

#### **Заключение**

Анализ работы схем водопользования заводов по производству стеклянной тары показал целесообразность выделения систем грануляторов в отдельные «грязные» водооборотные циклы.

#### **Список цитированных источников**

1. Прохоров, Е.И. Совершенствование систем оборотного водоснабжения стекольных производств / Е.И. Прохоров, А.И. Каширец, А.В. Брусов // Стекло и керамика. – 2005. – № 12. – С. 10–13.

2. Трифонова, Т.А., Ишунькина. Оценка экологичности стеклотарного производства / Т.А. Трифонова, Ишунькина // Стекло и керамика. – 2007. – № 6. – С. 32–35.

УДК 628.094.3

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОБЕСЦВЕЧИВАНИЯ И ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ЦЕЛЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

**Житенев Б.Н., Андреюк С.В.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь, a\_asv75@mail.ru

*The characteristic of water objects of Byelorussia is presented. The estimation of quality of water on pools of the largest rivers of Belarus is given. Theoretical possibilities of removal of chromaticity and iron in river waters for their use with a view of technical water supply are presented.*

## **Введение**

На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных поверхностными водами. Однако с 90-х годов в республике прослеживается тенденция к снижению объемов забора воды из поверхностных источников, за счет которых в основном обеспечиваются нужды промышленности и теплоэнергетики. На промпредприятиях используется дорогостоящая вода, забираемая из подземных источников, причем большая часть ее идет на производственные, душевые нужды, пользование туалетами и уборку помещений. Такое нерациональное потребление питьевой воды ведет к значительным затратам и удорожанию продукции, выпускаемой предприятиями.

Сэкономить предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость выпускаемой продукции, возможно путем замены питьевой воды из подземных источников на более дешевую техническую воду, забираемую из поверхностных источников.

Поверхностные воды более доступны для использования, к тому же они являются более мягкими и слабоминерализованными по сравнению с подземными. Это выгодно отличает их при использовании для технических целей, в которых накладываются ограничения на жесткость и солесодержание.

Однако поверхностные источники подвергаются загрязнению в результате естественных биологических процессов или деятельности человека. Высокая цветность поверхностных вод, обусловленная содержанием в них гуминовых и фульвокислот, характерная для вод юго-западного региона страны, значительное содержание железа и железосодержащих соединений, а также наличие большого числа антропогенных загрязнений (нефтепродуктов, СПАВ и др.) препятствует использованию поверхностных вод для хозяйственных и технических целей на промпредприятиях.

Обесцвечивание такой воды только коагулированием весьма затруднено из-за высокой степени дисперсности загрязнений. К тому же применение традиционных сульфатов алюминия и железа приводит к увеличению солесодержания воды, которое строго регламентируется для целого ряда производств (например, в красильной промышленности, производстве целлюлозы и искусственного волокна).

При использовании же традиционных окислителей (хлора) образуются побочные продукты реакции (хлорорганические соединения), обладающие канцерогенной и мутагенной активностью.

Поэтому приоритетным направлением повышения качества очистки поверхностных вод является выбор наиболее эффективных реагентов: коагулянтов, окислителей и усовершенствование технологии водоподготовки.

## **Характеристика водных объектов Республики Беларусь**

На территории Беларуси сосредоточены значительные запасы водных ресурсов, представленных как поверхностными, так и подземными водами. Всего насчитывается 20800 рек, общей протяженностью 90600 км. Наиболее крупные из них: Днепр и его притоки Припять, Березина, Сож; Западная Двина, Западный Буг, Неман, Мухавец и др. В Беларуси насчитывается также 10800 озер и 9000 болот.

По обеспеченности водными ресурсами Республика Беларусь находится в благоприятных условиях. Имеющиеся ресурсы природных вод вполне достаточны для удовлетворения как современных, так и перспективных потребностей страны.

Поверхностные водные ресурсы представлены в республике главным образом речным стоком, который в средние по водности годы составляет 57,9 км<sup>3</sup>. В многоводные годы общий речной сток увеличивается до 92,4 км<sup>3</sup> в год, а в маловодные (95 % обеспеченности) снижается до 37,2 км<sup>3</sup> в год [1].

Пресные подземные воды распространены на территории Беларуси повсеместно. Они залегают на глубине до 500 м и характеризуются высокой стабильностью химического состава, физических и органолептических показателей. Их естественные ресурсы составляют 15,9 км<sup>3</sup> в год.

С 90-х годов в республике прослеживается тенденция к снижению объемов забора воды из поверхностных источников.

Наибольшее сокращение характерно для забора поверхностных вод, за счет которых в основном обеспечиваются нужды промышленности и теплоэнергетики. Величина поверхностного водозабора по сравнению с 1990 годом уменьшилась более чем в 2 раза и составила в 2004 году 753 млн. м<sup>3</sup> [2].

Наибольший объем для использования забирается в бассейне Днепра – около 1100 млн. м<sup>3</sup>, в том числе в бассейнах Березины и Припяти.

Поверхностные воды испытывают химическую нагрузку, в разной степени влияющую на реки основных бассейнов. Самому значительному антропогенному воздействию подвержены водные объекты в бассейне Днепра. Техногенное воздействие на реки в бассейнах Немана, Западной Двины, Припяти и др. значительно ниже [3]. Так, в реки бассейна Днепра поступает 71 % всех сточных вод, содержащих различные загрязняющие вещества. В водные объекты в бассейнах Немана, Западной Двины и Западного Буга сбрасывается в среднем 13 %, 10 % и 6 % таких вод соответственно.

По данным исследований [2, 3], проводимых ежегодно, приоритетными загрязняющими веществами поверхностных вод страны являются азот аммонийный и нитритный, соединения металлов, фенолы и нефтепродукты. В последние годы прослеживается рост загрязненности воды практически для всех крупных рек республики.

### **Оценка качества воды по бассейнам наиболее крупных рек Беларуси**

#### **Бассейн Западной Двины**

Западная Двина является второй по величине водной артерией Беларуси – в ее пределах находится 39 % водосбора бассейна, расположенного в северной части страны, который дренируется ее средним течением протяженностью 328 км (общая длина реки – 1020 км). Основные правые притоки в пределах Беларуси – Оболь и Дрисса, левые – Лучеса, Улла, Ушача и Дисна. Речная сеть в бассейне хорошо развита и в средний по водности год ресурсы речного стока в бассейне составляют 13,9 км<sup>3</sup>, а формирующиеся в пределах белорусской части водосбора – 6,8 км<sup>3</sup>.

Наибольшее влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды предприятий нефтехимической, топливно-энергетической, строительной, пищевой и др. отраслей промышленности, объекты жилищно-коммунального хозяйства и сельскохозяйственное производство [2].

Наиболее характерными загрязняющими веществами речной воды в последнее время является азот аммонийный, соединения цинка, никеля, фенолы и нефтепродукты.

#### **Бассейн реки Неман**

Третья по величине река Беларуси – Неман занимает северо-западную часть страны. Ее водосбор составляет 35 тыс. км<sup>2</sup> в год или 46,4 % всей водо-

сборной площади реки. Общая длина Немана составляет 937 км, а в пределах республики – 459 км. Самый крупный левый приток Немана – Щара (325 км), другие – неманская Березина и Котра. Вклад Немана и Вилии в суммарные водные ресурсы страны в среднем составляют 6,7 и 2,3 км<sup>3</sup> в год соответственно.

Наибольшее влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды предприятий химической, деревообрабатывающей, топливно-энергетической, пищевой и других отраслей промышленности и сельскохозяйственного производства, а также коммунального хозяйства [2].

Вода Немана в наибольшей степени загрязнена азотом аммонийным, соединениями цинка и никеля, СПАВ и нефтепродуктами.

#### Бассейн реки Западный Буг

Бассейн Западного Буга расположен в юго-западной части Беларуси. На северо-западной окраине Полесской низменности (Брестское Полесье), переходящей в Прибугскую равнину. Общая длина реки в пределах Беларуси – 162 км. Белорусскую часть водосбора дренируют притоки Мухавец, Лесная, Пульва и ряд малых рек. В средний по водности в год здесь формируется 3,1 км<sup>3</sup> речного стока.

Значительное влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна оказывают сточные воды топливно-энергетической, станкостроительной, легкой, пищевой и других отраслей промышленности, жилищно-коммунальное хозяйство, а также сельскохозяйственное производство [2].

Самым большим притоком Западного Буга на территории страны является река Мухавец. В реку в районе городов Кобрин, Жабинки, Бреста сбрасываются сточные воды промышленных и жилищно-коммунальных предприятий. Приоритетными загрязнениями речной воды по всему течению Мухавца являются азот аммонийный, азот нитритный, железо общее, соединения меди, цинка и марганца.

По составу растворенных в воде минеральных солей реки Брестчины относятся к гидрокарбонатно-кальциевому классу и характеризуются средней степенью минерализации 200–400 мг/л [1]. В Брестской области при значительной заболоченности территории, высокой доле торфяно-болотистых почв много взвешенных частиц гумусового происхождения, что обуславливает высокую цветность поверхностных вод.

#### Бассейн реки Днепр

Днепр – самая крупная водная артерия Беларуси, ее длина от истока до устья – 2145 км, площадь бассейна – 504000 км<sup>2</sup>. В пределах республики Днепр протекает своим верхним течением на протяжении 690 км (32 % общей длины), дренируя 58 % территории на юге и востоке страны. Наибольшие крупные притоки Днепра в пределах Беларуси – Друть, Березина, Припять (справа) и Сож (слева).

Существенное влияние на гидрохимический режим водных объектов бассейна Днепра оказывают сточные воды предприятий жилищно-коммунального хозяйства, топливно-энергетической, машиностроительной, легкой, химической, деревообрабатывающей и других отраслей промышленности [2]. В речной воде, поступающей с территории Российской Федерации, отмечено повышенное содержание азота аммонийного, железа общего, соединений цинка, марганца, нефтепродуктов и фенолов.

#### Бассейн реки Припять

Среди всех притоков Днепра по своей длине и площади водосбора выделяется Припять (общая длина 761 км, площадь водосбора 121 тыс. км<sup>2</sup>). Ос-

новые притоки Припяти справа (Стырь, Горынь, Ствига, Уборть) протекают по территории Беларуси своими низовьями. Левобережные притоки (Ясельда, Бобрик, Цна, Лань, Случь и Птичь) целиком текут в границах Беларуси. Средне-многолетний речной сток, формирующийся в пределах бассейна, в средний по водности год составляет  $13 \text{ км}^3/\text{год}$ , а в пределах страны –  $5,6 \text{ км}^3/\text{год}$ .

Гидрохимический режим обуславливается большой заболоченностью водосбора Припяти, особенно в среднем течении. Антропогенным источником, влияющим на химический состав реки, являются сточные воды промышленных предприятий Пинска, Мозыря, Наровли.

Наиболее характерными загрязняющими веществами воды по всему течению реки являются азот аммонийный, азот нитритный, соединения цинка, меди и нефтепродукты.

Кроме того, реки бассейна Припяти (Цна, Рита, Пина, Ясельда и др.) представляют особую группу по цветности воды, так как они расположены в низине, большая часть которой заболочена и почти сплошь покрыта подзолисто-болотными и торфяно-перегноино-глеевыми почвами. Самая малая цветность (30...40 град) соответствует меженным периодам, а наибольшей своей величины цветность достигает на спаде паводка и может колебаться в пределах 120...230 град [1]. Поэтому, даже после паводкового периода она остается сравнительно высокой до конца лета. Эти реки относятся к высокоцветным маломутным водам с высоким содержанием органических веществ при сравнительно малой минерализации, т.е. эти воды характеризуются как гумусово-гидрокарбонатно-кальциевые с болотным типом питания [4].

За последние годы гидрохимический режим вод крупных рек республики оставался стабильным. Среднегодовое содержание в водах крупных рек республики органических веществ (ХПК) колебалось от 18,9 до 48,2 мг  $\text{O}_2/\text{л}$ , легкоокисляемых органических веществ (БПК<sub>5</sub>) – от 1,94 до 3,27 мг  $\text{O}_2/\text{л}$ . Загрязненность вод рек соединениями азота варьировала по азоту аммонийному в пределах 0,32–0,92 мг/л, по азоту нитритному – 0,012–0,026 мг/л. Содержание фосфатов незначительно: 0,019–0,133 мг/л. Поскольку воды рек республики имеют повышенные концентрации железа общего природного происхождения, его содержание колебалось в пределах 0,21–0,89 мг/л, что превышает уровни ПДК. Среднегодовые концентрации тяжелых металлов по всем крупным рекам незначительно превышали предельно допустимые нормы, за исключением меди и марганца. Среднегодовые концентрации в воде нефтепродуктов и СПАВ в большинстве крупных рек республики были ниже ПДК.

### **Теоретические предпосылки обесцвечивания и обезжелезивания поверхностных вод Белорусского Полесья**

Примеси, содержащиеся в водах Белорусского Полесья, представлены всеми группами классификации загрязнений по их фазово-дисперсному состоянию, предложенной Л.А. Кульским [5].

Первая группа гетерогенных примесей в водах заболоченных районов Беларуси представлена в основном планктоном и водорослями.

Примеси второй группы поверхностных источников Полесья представлены в основном органическими коллоидно-растворимыми сильноокрашенными гумусовыми соединениями, попадающими в водоемы из болот и почв с поверхностным стоком. Так, содержание гуминовых кислот в воде р. Мухавец (типичном представителе рек данного региона) колеблется в пределах 15–20 мг/л. Наряду с ними в воде присутствует железо в виде комплексных органических и коллоидных соединений.

К третьей группе гомогенных примесей региона относятся растворимые газы: углекислота (до 20 мг/л), растворенный кислород (до 12 мг/л), а также

фульвокислоты, содержание которых достигает 50-65 мг/л. Из них сильноокрашенные апокреновые кислоты составляют 31-36 мг/л и слабоокрашенные креновые – 24–29 мг/л.

Четвертая группа гомогенных веществ представлена катионами:  $\text{NH}_4^+$  (до 1,4 мг/л),  $\text{Na}^+$  (до 11,5 мг/л),  $\text{Ca}^{2+}$  (до 80 мг/л),  $\text{Mg}^{2+}$  (до 11 мг/л) и анионами:  $\text{HCO}_3^-$  (до 220 мг/л),  $\text{Cl}^-$  (до 20 мг/л),  $\text{SO}_4^{2-}$  (до 65 мг/л).

Поверхностные воды Белорусского Полесья мягкие, общая жесткость – до 4,6 мг-экв/л, щелочность – до 4,0 мг-экв/л, кислотность – до 0,3 мг-экв/л.

Один из важнейших показателей качества реки – температура, которая определяет условия развития и существования водной растительности, наступление ледовых явлений и разрушение ледовых преобразований. В апреле после очищения ото льда на реках среднемесячная температура воды колеблется от 5 до 7 °С, в мае она увеличивается до 13,5–15,5 °С, июне – до 17–20 °С. Своего максимума 21–24 °С она достигает в июле. К августу температура воды уменьшается до 16–20 °С, затем она интенсивно снижается и в сентябре составляет 12-15 °С, в октябре – 7–8 °С, в ноябре – 2,5–3,5 °С. В течение зимних месяцев, во время ледостава, температура воды приближается к 0 °С.

Если температура воды зависит главным образом от температуры воздуха и колеблется почти циклично, то изменение других показателей менее стабильно, поскольку на их формирование оказывает воздействие ряд других факторов: время и место выпадения осадков, их интенсивность, скорость снетаяния. Наибольшим колебаниям в течение года подвержена цветность воды (30–90 град), в меньшей степени изменяется содержание взвешенных веществ (3–10 мг/л), что объясняется болотным типом питания. Наибольшая окраска наблюдается во время паводка с апреля по май и во время цветения водоема (август-сентябрь), а самая малая – в зимние месяцы. Проведенные исследования показали, что цветность воды заболоченных местностей Беларуси на 85–90% обусловлена присутствием гумусовых веществ, осаждаемых гидроксидом бария. Креновые кислоты принимают весьма незначительное участие в формировании цветности указанных вод.

Фульвокислоты, как и гуминовые кислоты, представляют собой группу близких по строению высокомолекулярных соединений и отличаются от гуминовых кислот меньшим содержанием углерода, повышенным содержанием водорода, высокой растворимостью в воде, низкой интенсивностью окраски, большей дисперсностью и степенью диссоциации. Хорошая растворимость ФК по сравнению с гуминовыми кислотами является причиной их более высоких концентраций и распространения в поверхностных водах.

Наличие в структуре гуминовых и фульвокислот карбоксильных и фенолгидроксильных групп, аминокрупп способствует образованию комплексных соединений гумусовых веществ с железом. Образующиеся в результате этого высокодисперсные золи, стоящие на грани истинных и коллоидных растворов, значительно затрудняют процесс очистки таких вод.

Помимо этого, гумусовые кислоты в значительной степени влияют на органолептические свойства воды, создавая неприятный вкус и запах, затрудняют дезинфекцию и получение особо чистой воды, ускоряют коррозию металлов. Поэтому деструкция этих загрязнений играет значительную роль в очистке поверхностных вод для нужд технического водоснабжения на промышленных предприятиях.

Для очистки воды, цветность которой обусловлена присутствием гумусовых веществ, целесообразно применять окислительные методы. Глубина обесцвечивания в этом случае зависит в первую очередь от выбора окислителя.

### **Заключение**

Учитывая высокую стоимость питьевой воды, замена ее более дешевой технической для производственных, душевых нужд, пользования туалетами и уборки помещений позволит предприятиям значительное количество денежных ресурсов, снижая при этом себестоимость выпускаемой продукции. Достижение указанной цели возможно путем более масштабного использования водных ресурсов из поверхностных источников, при внедрении новых высокоэффективных технологий водоподготовки.

Совокупность требований по качеству воды для бытовых и технических целей на промпредприятии, данные по состоянию поверхностных источников республики, а также характер загрязнений, обуславливающих цветность природных вод юго-западного района, позволяет сделать вывод о том, что для очистки таких вод целесообразно применять коагуляцию, окисление и фильтрацию.

### **Список цитированных источников**

1. Кочановский, С.Б. Водные ресурсы Беларуси, их использование и охрана / С.Б. Кочановский // Белорусская экономика. – 2004. – № 6. – С. 35–47.
2. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл. 2008 г.; под ред. В.Ф. Логинова. – Минск, 2009. – 406 с.
3. Национальная система мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: результаты наблюдений за 2000–2006 гг. – Минск: РУП «Бел НИЦ «Экология», 2001–2007. – С. 136–146.
4. Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды / Л.А. Кульский [и др.]. – Киев: Наук. думка, 1980. – Ч. 1. – 680 с.
5. Кульский, Л.А. Теоретическое обоснование технологии очистки воды (классификации примесей воды и выбор методов ее очистки) / Л.А. Кульский. – Киев: Наук. думка, 1968. – 127 с.

УДК 628.316

## **ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ОКРАСКИ СТОЧНЫХ ВОД**

**Житенев Б.Н., Белов С.Г., Наумчик Г.О.**

Учреждение образования «Брестский государственный технический университет», г. Брест, Республика Беларусь

*The article deals with the problems arising at definition of intensity of coloring of sewage by a traditional visual method are considered. The decision of the given problem on the basis of the developed tool method of definition of intensity of coloring of sewage with use scanning spectrofotometer is offered. Thus for performance of the analysis it is enough to remove a spectrum of the painted sample and to process it by means of specially developed program "Okraska-monitoring". The detailed technique of performance of the analysis on the developed method is resulted.*