

## Энергосберегающие технологии при анализе качества воды

Пустовалова Ксения Дмитриевна, Корякина Елена Анатольевна  
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина», г. Тамбов

**Аннотация.** Показано, что энергосбережение при очистке воды – актуальная задача на современном этапе развития инженерных систем и сооружений.

Минералы, макро- и микроэлементы, которые в небольших количествах приносят нам только пользу, в переизбытке способны вызывать серьезные, а порой и вовсе непоправимые нарушения в работе всего организма.

**Ключевые слова:** очистка воды, энергосбережение, железо, аммиак и ион аммония, перманганатная окисляемость, методы.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время энергосбережение является одной из приоритетных задач, что связано с дефицитом основных энергоресурсов, возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами. Энергосбережение – это реализация производственных, научных, технических, организационных, экономических и правовых мер, имеющих целью достижение экономически обоснованного значения эффективности использования энергетических ресурсов.

Энергосбережение при очистке воды – актуальная задача на современном этапе развития инженерных систем и сооружений. В настоящее время на большей части очистных станций работают комбинированные схемы.[7] Это, прежде всего, связано с высокими требованиями, предъявляемыми к очистке сточных вод от нефтепродуктов, а также сложностью состава поступающих стоков. Объектом изучения являлась питьевая вода Уваровского района. Предметом – энергосбережение при анализе воды. Целью работы явилось изучение состояния качества воды по следующим показателям: железо, аммиак и ион аммония, перманганатная окисляемость. Исследование проведено фотометрическим методом определения массовой железа, а также аммиак и ион аммония с использованием фотоэлектроколориметра КФК-2. Прибор предназначен для измерения оптической плотности [1,2].

Перманганатную окисляемость определялась титриметрическим методом с использованием щавелевой кислоты. Титрование проводилось перманганатом калия [3].

### МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

**Железо[1] в воде определяют следующим методом:**

К отобранному объему (100 см<sup>3</sup> и менее) добавляют 0,5 см<sup>3</sup> концентрированной азотной кислоты и упаривают раствор до 1/3 объема.

Полученный раствор фильтруют через фильтр «белая лента» в мерную колбу вместимостью 100 см<sup>3</sup>, приливают 2,0 см<sup>3</sup> аммония хлористого, 2,0 см<sup>3</sup> сульфосалициловой кислоты, 2,0 см<sup>3</sup> аммиака, рН раствора должен составлять 7 - 8 (по индикаторной бумаге). Доводят до метки дистиллированной водой. Тщательно перемешивают и оставляют на 5 минут до развития окраски. Оптическую плотность полученного раствора измеряют при длине волны  $\lambda = 425$  нм в кювете с длиной поглощающего слоя 50 или 10 мм.

Массовую концентрацию железа рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 100}{V},$$

где  $X$  – массовая концентрация железа в анализируемой пробе, мг/дм<sup>3</sup>;

$C$  – массовая концентрация железа, найденная по градуировочному графику, мг/дм<sup>3</sup>;

100 – объем, до которого была разбавлена проба, см<sup>3</sup>;

$V$  – объем, взятый для измерений, см<sup>3</sup>.

При необходимости за результат измерений  $X_{\text{ср}}$  принимают среднее арифметическое значение двух параллельных определений  $X_1$  и  $X_2$

$$X_{\text{ср}} = \frac{X_1 + X_2}{2},$$

для которых выполняется следующее условие:

$$|X_1 - X_2| \leq 0,01 \cdot r \cdot X_{\text{ср}},$$

где  $r$  – предел повторяемости.

**Аммиак и ион аммония в воде определяют следующим методом[2]:**

К 50 см<sup>3</sup> первоначальной или осветленной пробы 1 - 2 капли раствора сегнетовой соли или комплекса III и смесь тщательно перемешивают. Затем добавляют 1 см<sup>3</sup> реактива Несслера и снова перемешивают. Через 10 мин измеряют оптическую плотность. Окраска смеси устойчива в течение 30 мин. Из величины оптической плотности вычитают оптическую плотность холостого опыта.

Содержание ионов аммония в питьевой, поверхностной пресной и сточной воде (мг/дм<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{C \cdot 50 \cdot n}{V},$$

где  $C$  – содержание ионов аммония, найденное по калибровочному графику, мг;

$V$  – объем пробы, взятой для анализа, см<sup>3</sup>;

$n = 1$  при прямом определении ионов аммония;

$n = 10$  при определении с предварительной отгонкой аммиака (т.к. для анализа используется 1/10 отгона).

**Перманганатная окисляемость[3] в воде определяют следующим методом:**

В колбу помещают 100 см<sup>3</sup> хорошо перемешанной пробы, несколько капилляров или стеклянных шариков, приливают 5 см<sup>3</sup> разбавленной серной кислоты (1:3) и 10 см<sup>3</sup> раствора перманганата калия (0,01 моль/дм<sup>3</sup> эквивалента). Смесь нагревают так, чтобы она закипела не позднее чем через 5 минут, и

кипятят  $10 \pm 2$  мин, закрыв маленькой конической воронкой для уменьшения испарения. К горячему раствору ( $80 - 90$  °С) прибавляют  $10 \text{ см}^3$  раствора щавелевой кислоты ( $0,01$  моль/ $\text{дм}^3$  эквивалента). Обесцвеченную горячую смесь титруют раствором перманганата калия ( $0,01$  моль/ $\text{дм}^3$  эквивалента) до слабо-розового окрашивания. Если при анализе предварительно разбавленной пробы на титрование расходуется менее  $2 \text{ см}^3$  раствора перманганата калия, то определение повторяют с менее разбавленной или неразбавленной пробой.

Величину перманганатной окисляемости, выраженную в  $\text{мгО}/\text{дм}^3$ , рассчитывают по формуле:

$$X = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K \cdot 0,01 \cdot 8 \cdot 1000 \cdot K_p}{V}$$

где  $V_1$  - объем раствора перманганата калия ( $0,01$  моль/ $\text{дм}^3$  эквивалента), израсходованного на титрование исследуемой пробы,  $\text{см}^3$ ;

$V_2$  - объем раствора перманганата калия ( $0,01$  моль/ $\text{дм}^3$  эквивалента), израсходованного на титрование холостой пробы,  $\text{см}^3$ ;

$K$  - поправочный коэффициент к титру раствора перманганата калия;

$V$  - объем пробы, взятой для анализа ( $100$ ),  $\text{см}^3$ ;

$K_p$  - коэффициент разбавления пробы;

$8$  - эквивалент кислорода.

Если поправочный коэффициент к титру перманганата калия имеет значение от  $0,995$  до  $1,005$ , то при вычислении результатов его можно не учитывать.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Были проведены исследования качества питьевой воды в Уваровском районе в 2018 году с I по IV квартал. Измерения проводились в начале каждого квартала. Результаты исследований представлены в таблице 1. Из экспериментальных результатов видно, что все показатели находятся в пределах ГОСТ и ПНД Ф.

Таблица 1. Лабораторные исследования химических показателей питьевой воды за 2018 год

Определяемые показатели	Квартал	Результаты исследования	Гигиенический норматив	Единицы измерения	НД на методы исследования
Железо	I	$0,29 \pm 0,07$	0,3-1,0	$\text{мг}/\text{дм}^3$	ПНД Ф 14.1:2.50-96
	II	$0,23 \pm 0,07$			
	III	$0,29 \pm 0,07$			
	IV	$0,27 \pm 0,07$			
Аммиак и ион аммония	I	менее*0,05	2,0	$\text{мг}/\text{дм}^3$	ПНД Ф 14.1:2.4.262-10
	II	менее*0,05			
	III	менее*0,05			
	IV	менее*0,05			
Перманганатная окисляемость	I	$1,9 \pm 0,4$	5,0	$\text{мгО}/\text{дм}^3$	ПНД Ф 14.1:2.4.154-95
	II	$1,88 \pm 0,4$			
	III	$2,3 \pm 0,4$			
	IV	$1,9 \pm 0,4$			

\*-менее предела обнаружения метода исследования

Во втором квартале 2018 году наблюдалось небольшое превышение показателей, что может быть связано с весеннем паводком и попаданием в питьевую воду части стоковой воды. Это может говорить о некачественной очистке воды в этом районе.

Тем не менее, именно такая вода признана питьевой и согласно ГОСТу СанПиН 2.1.4.1074-01 она «должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу, и иметь благоприятные органолептические свойства».

В связи с этим растет актуальность энергосбережения воды, которая связана с опережающим ростом цен на основные традиционные виды энергоресурсов и постепенным истощением их мировых запасов. Можно придерживаться некоторым рекомендациям, рационально использовать ресурсы, например:

- Более экономно использовать имеющихся ресурсы;
- Необходимо проводить качественной техническое обслуживание оборудования по очистке воды
- Установка более эффективное оборудование
- Обучение и повышение квалификации персонала

- Контроль и оперативное планирование при очистке воды.

#### ВЫВОДЫ

1. Норму железа в питьевой воде сложно контролировать, так как уровень меняется после временного выключения водоснабжения, с износом труб или их заменой.

Избыток железа в питьевой воде оказывает негативный эффект на организм человека. Все «лишнее» железо не может усвоиться и не выводится телом целиком. Ткани и внутренние органы аккумулируют металл и при достижении определенных концентраций начинают разрушаться.

2. Содержание аммиака и иона аммония в питьевой воде соответствует СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" (с изменениями на 2 апреля 2018 года)

3. Высокий показатель перманганатной окисляемости свидетельствует, как правило, о присутствии среди органических веществ (гуминовые кислоты, растительная органика, антропогенные «подарочки»

и т.д.) значительной доли железобактерий. Эти самые бактерии знамениты своим «выдающимся» свойством удерживать растворённое двухвалентное железо в стабильной форме, в разы увеличивая вре-

мя необходимое для его окисления. Удаление железа из воды, основанное на его окислении в аэрационной колонне, в данной ситуации будет не эффективным.

#### Литература:

1. ПНД Ф 14.1:2.50-96 «Методика измерений массовой концентрации общего железа в питьевых, поверхностных и сточных водах фотометрическим методом с сульфосалициловой кислотой».
2. ПНД Ф 14.1:2.4.262-10 «Методика измерений массовой концентрации ионов аммония в питьевых, поверхностных (в том числе морских) и сточных водах фотометрическим методом с реактивом Несслера».
3. ПНД Ф 14.1:2.4.154-95 «Методика выполнения измерений перманганатной окисляемости в пробах питьевых, природных и сточных вод титриметрическим методом».
4. СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения" (с изменениями на 2 апреля 2018 года)
5. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования
6. Государственный контроль качества воды. - // 2-е изд., перераб. и доп. - // М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. - 776 с.
7. Поспелова Т.Г. Основы энергосбережения. — Мн.: «Технопринт», 2000.