

## Применение сорбционной технологии в водоподготовке рыбообработывающих предприятий

**Е.Н. Кальсина, И.Г. Берёза**

*Естественнo-технический факультет МГТУ, кафедра экологии и защиты окружающей среды*

**Аннотация.** В работе исследован процесс сорбции органических загрязнений водопроводной воды природными материалами. Установлен наиболее эффективный сорбент, получены основные технологические характеристики адсорбционного процесса, позволяющие запроектировать промышленную адсорбционную установку.

**Abstract.** In the work the adsorption process of potable water organic pollution by natural materials has been investigated, the most effective sorbent has been established, the basic technical characteristics on the adsorption process allowing to design the adsorption installation have been received.

### 1. Введение

Водное сырье в рыбообработывающих производствах имеет важное значение. Вода применяется для реализации практически всех технологических операций рыбопереработки. В технологических процессах предприятий рыбообработывающей промышленности воду используют для следующих целей: в составе продукта; для промывки сырья, продукции; для охлаждения продуктов; для мойки оборудования, трубопроводов; для охлаждения узлов различных агрегатов; для транспортировки сырья, продуктов и отходов производства; для очистки отходящих газов. В основных технологических циклах предприятия, где вода может вступать в контакт с продукцией, используется вода питьевого качества в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4.1074-01.

Однако в последнее время вследствие ухудшения качества воды водоисточников, а также в связи с вторичным загрязнением транспортируемой воды (моральный и физический износ сетей водоснабжения), характеристики поступающей воды не всегда соответствуют требуемым показателям, и возникает необходимость дополнительной ее обработки непосредственно перед технологическим циклом. Кроме того, существуют технологические операции, в которых используемая вода должна обладать особыми качественными характеристиками, как, например: при производстве рыбных фаршей, для приготовления фаршей особых кондиций (производство фарша Суrimi). Следовательно, необходима соответствующая подготовка воды непосредственно на предприятии до требований нормативно-технической документации (НТД) продукта.

На основании анализа требований к качеству воды различных технологий рыбообработывающей отрасли и качественных показателей водопроводной воды Северо-Западного региона России определено направление дополнительной обработки воды – снижение содержания природных органических загрязнений, которое характеризуется цветностью и перманганатной окисляемостью.

Эффективным методом очистки природных вод от органических загрязнений является адсорбция. Как следует из анализа литературных источников, адсорбция в подавляющем большинстве случаев обеспечивает получение воды требуемого качества при достаточно разнообразном органическом составе воды, поступающей на обработку (Когановский, 1990). В настоящее время в водоподготовке используются в основном угольные или синтетические сорбенты. Эти сорбенты имеют ряд недостатков: сорбенты обычно одноразового использования, с трудом утилизируются, часто токсичны. Поэтому перспективным является применение в водоподготовке природных сорбирующих материалов (Тарасевич, 1981). Особый интерес в качестве природных сорбентов представляют шунгит, вермикулит, шлак медно-никелевых руд.

Целью работы является разработка дополнительного процесса водоподготовки рыбообработывающих предприятий с использованием природных сорбирующих материалов.

### 2. Экспериментальная часть

На первом этапе работы был осуществлен выбор природного сорбента, обеспечивающего максимальное извлечение растворенных органических соединений. Сравнительный анализ сорбционных свойств шунгита, вермикулита и шлама медно-никелевых руд проводился на реальных природных водах.

Эффективность процесса адсорбции оценивалась по перманганатной окисляемости. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Природный источник | Сорбент                  | Перманганатная окисляемость, мг/л |               | Эффективность, % |
|--------------------|--------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------|
|                    |                          | до сорбции                        | после сорбции |                  |
| река Лавна         | шунгит                   | 32,1                              | 9,5           | 70,3             |
|                    | вермикулит               | 32,1                              | 12,4          | 61,3             |
|                    | шлак медно-никелевых руд | 32,1                              | 13,3          | 58,6             |
| озеро Большое      | шунгит                   | 50,7                              | 5,1           | 89,9             |
|                    | вермикулит               | 50,7                              | 15,5          | 69,4             |
|                    | шлак медно-никелевых руд | 50,7                              | 22,5          | 55,7             |
| озеро Первое       | шунгит                   | 40,8                              | 11,7          | 71,3             |
|                    | вермикулит               | 40,8                              | 13,7          | 66,3             |
|                    | шлак медно-никелевых руд | 40,8                              | 15,3          | 62,5             |

Как следует из полученного экспериментального материала (табл. 1) наибольшей сорбционной способностью по отношению к органическим загрязнениям природных вод обладает шунгит. Так, эффективность извлечения органических загрязнений из воды р. Лавны составила 70,3 %, озера Большого – 89,9 %, озера Первого – 71,3 %, цветность обработанной воды при этом имела следующие величины, соответственно: 19,2 град, 16,1 град, 19,8 град.

Дальнейшие исследования по разработке процесса сорбционной доочистки технологической воды рыбообрабатывающих производств проводились с использованием шунгита.

Как известно, вся сумма задач, возникающих при решении вопроса об эффективности применения адсорбционной технологии для осуществления конкретного промышленного процесса и при проектировании адсорбционных установок, требует сведений как об адсорбционных равновесиях в заданной системе адсорбент – раствор, так и о кинетике и динамике адсорбции компонентов раствора в конкретных гидродинамических условиях проведения процесса. К основным технологическим характеристикам адсорбционного процесса следует отнести сорбционную емкость материала, динамические характеристики процесса очистки (Коздановский, 1990).

Определение величины сорбционной емкости шунгита осуществлялось методом статической сорбции. Статическая сорбция предполагает обеспечение постоянства массовых расходов поступления извлекаемых загрязнений и подачи сорбента (Гельфман, 2003). Предельная адсорбция (сорбционная емкость), отвечающая образованию насыщенного мономолекулярного слоя, определялась с использованием уравнения Ленгмюра.

Результаты экспериментальных исследований в виде изотермы адсорбции Ленгмюра приведены на рис. 1.

Как следует из полученных результатов, равновесная концентрация в системе "сорбент – раствор" при дозе сорбента 0,5 г/л составила 26,7 мг/л, при дозе 1 г/л – 13,2 мг/л.

Величину сорбционной емкости шунгита по отношению к органическим природным загрязнениям определяли линеаризацией полученных изотерм адсорбции, которая составила 38,5 г органических соединений на 1 г сорбента.

Динамические характеристики процесса сорбции природных органических загрязнений шунгитом устанавливались на пилотной установке в проточном режиме работы.

В ходе эксперимента были определены следующие параметры – период защитного действия слоя адсорбента ( $\tau_{\phi}$ ), потеря времени защитного действия ( $\tau_0$ ), коэффициент защитного действия ( $k$ ), длина работающего ( $L_0$ ) и мертвого слоя адсорбента ( $L_m$ ), удельная динамическая сорбция ( $A_p$ ).

Как известно, длительность работы установки адсорбции до появления в профильтрованном потоке воды удаляемого вещества в концентрации, превышающей предельно допустимую, и длина слоя адсорбента связаны уравнением Н.А. Шилова:

$$\tau_{\phi} = k \cdot L - \tau_0, \quad (1)$$

где  $L$  – длина слоя адсорбента, м.

Графоаналитической обработкой результатов экспериментальных исследований, представленных в табл. 2, была получена зависимость распределения адсорбата в подвижной фазе при движении потока воды через неподвижный слой адсорбента на пяти уровнях фиксации, определено время проскока для каждого слоя сорбента, а также получена зависимость времени защитного действия слоя от длины слоя адсорбента, приведенная на рис. 2.

Математическая обработка полученной зависимости (рис. 2) позволила определить величины  $L_m$ ,  $L_0$ ,  $k$ ,  $\tau_0$ , поскольку аппроксимировать данную зависимость возможно с помощью вышеприведенного уравнения (1).

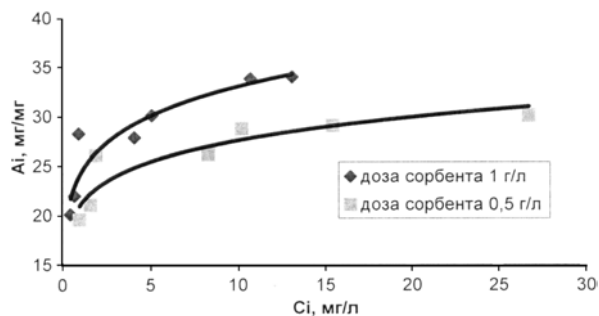


Рис. 1. Изотермы адсорбции Ленгмюра

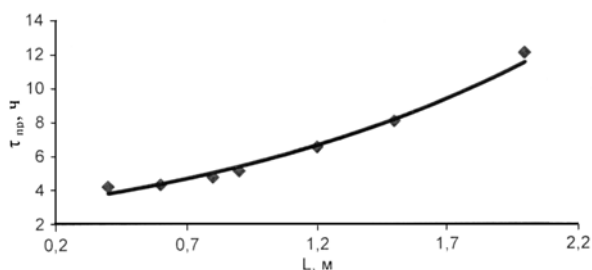


Рис. 2. Зависимость времени защитного действия от длины слоя адсорбента

На заключительном этапе исследований была установлена важная характеристика процесса динамической сорбции – удельная динамическая адсорбция, которая в случае выпуклой изотермы сорбции (рис. 1) может быть определена по формуле:

$$A_p = C_0 \cdot k \cdot v_{\phi} \quad (2)$$

где  $C_0$  – исходная концентрация извлекаемого компонента, г/м<sup>3</sup>;  $v_{\phi}$  – скорость фильтрования, м/ч.

Таблица 2

| Условия опыта                 | Сорбент: $v_{\phi} = 8$ м/ч; $C_0 = 50,7$ мг/л      |      |      |      |      |
|-------------------------------|---|------|------|------|------|
| Номер пробоотборника ( $i$ )  | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    |
| Длина пути фильтрации $L$ , м | 0,4   | 0,8  | 1,2  | 1,6  | 2    |
| $\tau$ , ч                    | Текущая концентрация вещества в слоях, $C_i$ , мг/л |      |      |      |      |
| $\tau_1 = 0,33$               | 40  | 35   | 33   | 30   | 28   |
| $\tau_2 = 0,66$               | 41,8  | 36,8 | 34,5 | 33,8 | 32,9 |
| $\tau_3 = 1$                  | 42,9  | 40   | 38,9 | 39,2 | 36,8 |
| $\tau_4 = 2$                  | 43  | 43,5 | 45,6 | 46,6 | 44,8 |
| $\tau_5 = 4$                  | 50,7  | 46,8 | 49,8 | 50,7 | 49,9 |
| $\tau_6 = 12$                 | 49  | 50,3 | 50,7 | 50,4 | 50,4 |

Полученные динамические характеристики процесса сорбции органических загрязнений природных вод представлены в табл. 3.

Таблица 3

| $A_p$ , г/м <sup>3</sup> | $k$ , ч/м | $\tau_0$ , ч | $\tau_{\phi}$ , ч | $L_0$ , м | $L_m$ , м |
|--------------------------|-----------|--------------|-------------------|-----------|-----------|
| 857,8                    | 2,14      | 2            | 2,3               | 1,07      | 0,55      |

### 3. Выводы

Проведенные исследования подтвердили целесообразность применения шунгита в качестве сорбента для доочистки технологической воды рыбообработывающей промышленности от природных органических веществ.

Полученные результаты экспериментальных исследований могут быть использованы для разработки исходных данных при проектировании промышленной адсорбционной установки.

### Литература

Гельфман М.И. Коллоидная химия. СПб., Лань, 332 с., 2003.

Когановский А.М. Адсорбция органических веществ из воды. Л., Химия, 256 с., 1990.

Тарасевич Ю.И. Природные сорбенты в процессах очистки воды. Киев, Наукова думка, 278 с., 1981.