

## **О ПОДХОДЕ К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВТОРИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА**

**А.Н. Васильев, В.А. Немтинов**

*ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Ю.В. Литовка*

**Ключевые слова и фразы:** вторичные водные ресурсы; принятие решений; промышленный узел; сточные воды; станция биохимической очистки.

**Аннотация:** Рассмотрены постановки задач, решаемых на этапах проектирования системы управления вторичными водными ресурсами промышленного региона, методика решения и программная среда информационной системы для регулирования взаимоотношений между промышленными предприятиями, осуществляющими загрязнение окружающей среды.

В связи с нестабильной экологической ситуацией в промышленно развитых центрах, все более очевидной становится необходимость поиска новых путей и подходов к принятию решений при управлении различными техническими системами, осуществляющими очистку промышленных отходов. Все более очевидной становится разработка теории и методов решения природоохранных задач, направленных на обеспечение устойчивого и оптимального на длительном периоде времени равновесия между природными и антропогенными системами. Поэтому, проблема управления вторичными водными ресурсами является актуальной в наше время и заключается в разработке информационно-аналитического обеспечения процесса принятия управленческих решений в сфере экологической деятельности.

Понятие «вторичные водные ресурсы» означает промышленные сточные воды. Для большинства промышленных предприятий, входящих в состав территориальных производственных комплексов (промышленных

---

Васильев Алексей Николаевич – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: alex.vasiliev@inbox.ru; Немтинов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

регионов), характерным является то, что сточные воды, образуемые на разных стадиях технологических процессов получения целевой продукции, утилизируются на региональных (городских) очистных сооружениях. В данном случае промышленный регион представляется рядом предприятий, производящих сброс сточных вод на региональную станцию биохимической очистки (БХО).

В настоящее время распределение квот сброса сточных вод на очистные сооружения, например, в соответствии с поступившими запросами предприятий, существующими нормативами и проектной мощностью сооружений осуществляется службами областных (городских) комитетов природных ресурсов. Очень часто возникает ситуация, когда отдельные предприятия должны сбрасывать на сооружения БХО сточные воды в количествах, превышающих размеры выделенных квот. Это может быть связано как с особенностями технологических процессов получения продукции, так и нежеланием внедрять более совершенные экологически безопасные технологии, включающие и системы локальной очистки сточных вод. В таких случаях от предприятия требуется выполнение принятого стандарта либо через инвестиции в очистные технологии, либо приобретение разрешения на сброс сточных вод у тех предприятий, которые достигли большего сокращения выбросов, чем это предусмотрено было после первоначального распределения квот.

При изучении процессов, связанных с биохимической очисткой сточных вод, был сделан вывод о том, что всю совокупность задач, решаемых на разных этапах принятия управленческих решений нужно рассматривать с позиции сложных систем. В общем виде задачу управления водными ресурсами промышленного узла (региона) можно сформулировать следующим образом. Для промышленного узла с заданной структурой предприятий, являющихся пользователями водными ресурсами, на множестве  $W = N_v \times B_e \times T_s \times F_s$ , найти вариант их управления  $w^* \in W$ , для которого сумма всех затрат имеет минимальное значение.

Используя терминологию теории систем, систему управления вторичными водными ресурсами можно представить как отношение на декартовом произведении множеств:  $N_v$  – множество вариантов нормирования сбросов сточных вод;  $B_e$  – множество технических режимов работы предприятий, производящих сброс, с установкой на них «буферных» емкостей;  $T_s$  – множество вариантов системы транспортировки сточных вод промышленных предприятий;  $F_s$  – множество вариантов функционирования станций БХО [1].

Система управления вторичными водными ресурсами промышленного узла представляет собой многоуровневую структуру, обеспечивающую принятие решения задачи управления вторичными водными ресурсами в масштабе промышленного узла с учетом решения задач на различных уровнях иерархии. Структура задач, решаемых на этапе проектирования системы управления вторичными водными ресурсами промышленного узла, представлена следующими составляющими:

- 1) принятие решений по нормированию сбросов сточных вод на станцию БХО:
  - а) решение задачи распределения квот на сброс сточных вод;
  - б) решение задачи перераспределения квот на сброс сточных вод;
- 2) принятие решений по управлению системой транспортировки промышленных сточных вод;
- 3) принятие решений по управлению станцией биохимической очистки:
  - а) решение задачи управления качеством поступающей сточной воды;
  - б) решение задачи управления системой подачи поступающей сточной воды;
- 4) Принятие решений по выбору технологических режимов работы предприятий с использованием «буферных» емкостей.

Специфика задачи состоит в том, что она относится к классу задач дискретного программирования. В тех случаях, когда множество вариантов решений невелико (не более  $10^3-10^4$ ), то, учитывая быстродействие современных ПЭВМ, искомое решение можно находить методом полного перебора вариантов.

Рассмотрим более детально некоторые задачи, решаемые на этапе проектирования системы управления вторичными водными ресурсами промышленного региона. Промышленные предприятия сбрасывают в канализацию свои сточные воды, которые транспортируются на сооружения БХО, после которых очищенные сточные воды поступают в природный водоем (рис. 1).

В настоящее время для каждого предприятия определяется расход сточных вод  $Q_i^{\text{lim}}$  и концентрация загрязняющих веществ в них  $c_i^{\text{lim}}$ . Может возникнуть ситуация, когда некоторым предприятиям не достаточно

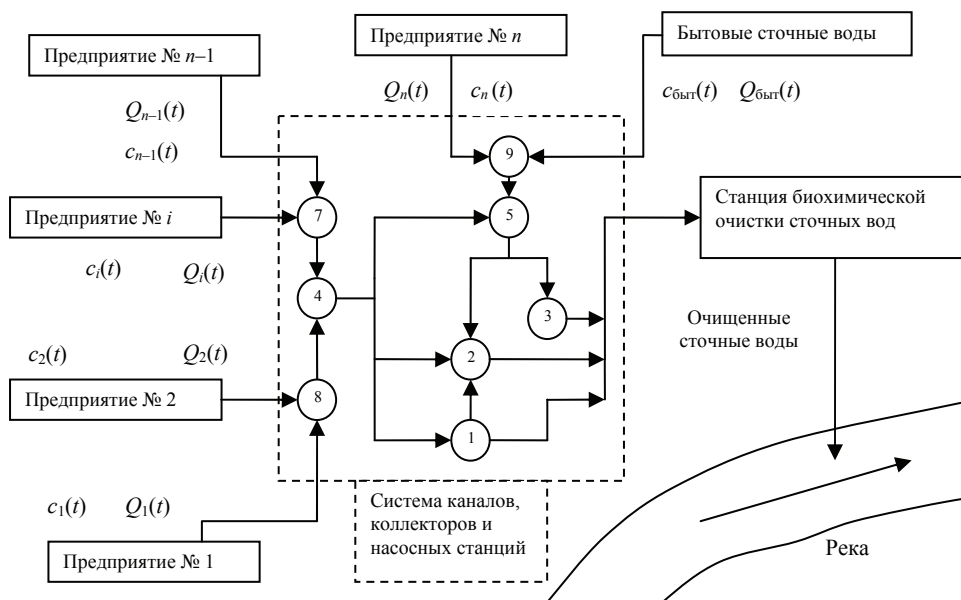


Рис. 1. Схема канализования сточных вод

определенных для них норм расхода и концентрации загрязняющих веществ. В случае превышения этих норм предприятие будет облагаться штрафом, несмотря на то что другие предприятия региона могут не полностью использовать свои нормы, и суммарный расход промышленных сточных вод не превысит пропускную способность очистных сооружений [2].

Рассмотрим вопросы предоставления предприятиям, превышающим свои квоты, купить часть квот у других предприятий, у которых они используются не полностью. Таким образом, если предприятия будут покупать друг у друга квоты, в регионе сформируется рынок свободных квот на сброс сточных вод на станцию БХО.

Сточные воды, сбрасываемые предприятиями промышленного региона, доставляются к станции через существующую в регионе разветвленную систему транспортировки – совокупность конструктивно и технологически связанных коллекторов, каналов и насосных станций, служащих для регулирования потока и отведения сточных вод к сооружениям очистки.

Основная идея управления системой транспортировки промышленных сточных вод состоит в перераспределении потоков по транспортным магистралям, обеспечивающим наибольшую нагрузку путей с минимальными расходами электроэнергии разными насосными станциями. Таким образом, задачу управления системой транспортировки сточных вод можно сформулировать следующим образом. При известных значениях расходов сточных вод  $q_r$  на входах в систему транспортировки промышленного узла необходимо определить все значения расходов по каждому пути транспортировки сточных вод  $q_i$ , при которых целевая функция

$$C_i = \sum_i (E_T)_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $(E_T)_i$  – количество электроэнергии, затрачиваемое насосной станцией за время  $T$ , при выполнении условий на транспортирование сточной воды к устройствам очистки, пропускную способность очистных сооружений и отведение сточной воды по системе транспортировки.

Станция БХО является «пограничным» рубежом между природопользователями в лице промышленных предприятий и водопользователями. Роль данного рубежа достаточна важна, потому что именно принятие решений на этом этапе является организующей, координирующей и управляющей мерами, принимаемыми промышленными предприятиями, входящими в промышленный узел. Станция БХО является информационным пунктом, на который поступают данные о состоянии всех объектов системы, включая предприятия, систему транспортировки и др. Анализ и обработка результатов должна осуществляться с использованием современной вычислительной техники. Оператор станции БХО, используя результаты анализа, должен принять решение в сложившейся ситуации и представить пути выхода из нее.

Задачу управления станцией БХО нецелесообразно рассматривать без других задач, решаемых на этапе проектирования системы управления вторичными водными ресурсами. Поэтому постановка задачи звучит следующим образом: необходимо найти такой вариант функционирования системы управления вторичными водными ресурсами, при котором все затраты достигали бы своего минимума.

Немаловажной задачей при разработке системы управления вторичными водными ресурсами является задача выбора и установки на предприятиях, входящих в промышленный регион, «буферных» емкостей. Такие емкости необходимы для стабилизации режимов работы очистных сооружений; снижения гидравлических и концентрационных возмущений; регулирования расхода сточных вод для каждого предприятия [3].

Приведем механизм работы «буферной» емкости, установленной на предприятии, которое входит в состав промышленного узла. На трубопроводах, подходящих к буферной емкости необходимо разместить датчики расхода и датчики измерения концентраций загрязняющих веществ, а также запорную арматуру в каналах набора и слива сточной воды (клапана и задвижки). На емкости необходимо установить датчик уровня воды. Оператор, в зависимости от сложившейся ситуации, управляет «буферной» емкостью. Если предприятие превышает норму сброса по расходу сточных вод, то открываются задвижки и в емкость поступает вода. Когда уровень сброса сточной воды на предприятии будет находиться в пределах нормы, опускается задвижка на входе в емкость и набор в нее прекращается. В случае малого расхода сточных вод и наличия воды в «буферной емкости» вода сливается из нее с учетом общего расхода. В идеальном варианте на всех предприятиях в емкостях должно остаться как можно меньше воды.

Предложенный авторами подход к построению системы управления вторичными водными ресурсами промышленного региона позволяет осуществить оптимальное регулирование взаимоотношений между предприятиями региона.

Апробация предложенного подхода, выполненная на примере тестовых данных промышленных предприятий г. Моршанска Тамбовской области, показала целесообразность использования подхода в промышленности. В состав моршанского промышленного узла входят 12 предприятий: ОАО «Моршанский завод химического машиностроения», табачная фабрика, мясокомбинат, ОАО «Трикотажная нить» и др. В качестве базовой программной среды использована геоинформационная система ArcGIS 8.1.

#### *Список литературы*

1. Васильев, А.Н. Система принятия решений при управлении водными ресурсами промышленного узла / А.Н. Васильев, В.А. Немтинов // Тр. Тамб. гос. техн. ун-та : сб. науч. ст. молодых ученых и студентов. – 2008. – Вып. 21. – С. 100–104.

2. Немтинов, В.А. О подходе к регулированию взаимоотношений между природопользователями / В.А. Немтинов, Ю.В. Немтинова // Изв. РАН. Теория и системы управления. – 2004. – Т. 43, № 3. – С. 143–148.

3. Васильев, А.Н. Автоматизированная система управления вторичными водными ресурсами промышленного узла и регулирования взаимоотношений между природопользователями в масштабе промышленного узла / А.Н. Васильев, В.А. Немтинов // Материалы XII Междунар. науч.-практ. конф.-выставки «Актуальные проблемы информатики и информационных технологий», Тамбов, 2008 г. / Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина. – Тамбов, 2008. – С. 149–153.

---

### **Approach to the Development of Management Systems for Industrial Wastewater Hub**

**A.N. Vasiliev, V.A. Nemtinov**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** biochemical treatment plant; decision making; industrial hub; wastewater; wastewater resources.

**Abstract:** The paper considers the setting of the tasks that are fixed in the design stages of wastewater management in an industrial region as well as the method of solutions and IT problem-solving environment aimed at the regulation of the relationships between industrial enterprises polluting the environment by discharging sewage into the natural water reservoirs.

---

© А.Н. Васильев, В.А. Немтинов, 2010