

## ВЫБОР ПУТЕЙ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ СБРОСА СТОКОВ ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

С.П. Высоцкий, М.В. Коновальчик  
Автомобильно-дорожный институт ГВУЗ «ДонНТУ»

*Робота багатьох промислових підприємств пов'язана із споживанням великої кількості поверхневих вод, подальшого їх знесолення та скиду нейтралізованих регенераційних розчинів у поверхневі водойми, що значно погіршує їх стан. А тому дуже актуальною є застосування концепції нульового скиду (ZDL), яка заснована на використанні природних енергій для упарювання та повторного використання води.*

Промышленные предприятия энергетической и химической отраслей промышленности являются потребителями большого количества поверхностных вод. Воды используются для покрытия потерь конденсата в технологических циклах генерации энергии и на подпитку циркуляционных систем охлаждения конденсаторов турбин. На химических предприятиях поверхностные воды используются на установках приготовления обессоленной воды для технологических нужд и как теплоноситель для отвода тепла реакций.

В процессе обессоливания воды в поверхностные водоемы сбрасываются нейтрализованные регенерационные растворы, которые вызывают засоление поверхностных водных источников и ухудшают или вообще исключают возможность использования названных источников. Это привело к тому, что в техногенных регионах поверхностные водные источники превратились в сточные канавы. Качество воды в них ухудшилось настолько, что вода стала непригодной к использованию не только для питьевых целей, но даже для полива сельскохозяйственных угодий.

В ряде стран с развитой экономикой (США, ФРГ) повсеместно внедряется концепция нулевого сброса загрязнений (ZDL). Эта концепция основана на применении возобновимых источников энергии для упаривания стоков и повторного использования чистой воды. В США в качестве возобновимого источника энергии используется солнечная радиация.

**Задачей** настоящего исследования была оценка путей исключения сброса засоленных стоков путем использования

солнечной радиации в нашей стране.

При оценке возможности использования такого решения необходимо определить объем стоков, величину солнечной радиации и интенсивность испарения воды в зависимости от величины радиации.

В современных условиях на большей части водоподготовительных установках (ВПУ) используется ионитные технологии обессоливания воды. При этом ионитные фильтры включаются в работу по схеме технологических цепочек. Это позволяет существенно сократить потребление поверхностной воды за счет рециркуляции большей части отмывочных вод на вход системы очистки воды при достижении показателей качества близких к качеству исходной воды. На современных ВПУ расход воды на собственные нужды при отложенном режиме работы фильтров и использовании рециркуляции составляет 10 – 12 %. Очевидно, что для внедрения концепция "нулевого сброса" необходимо стремиться к максимальному сокращению объема сточных вод.

Для современной тепловой электростанции на которой установлены энергетические блоки сверхкритических параметров 300 МВт при расходе воды на восполнение потерь конденсата 2% производительность ВПУ составит:

$$Q = G_k \cdot p \cdot 10^{-2} \cdot n_k = 950 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 5 \approx 100, \text{ т/ч}$$

где  $G_k$  – производительность котлов по пару, 950 т/ч;

$p$  – потери конденсата на ТЭС, 2%;

$n_k$  – число котлов, шт.

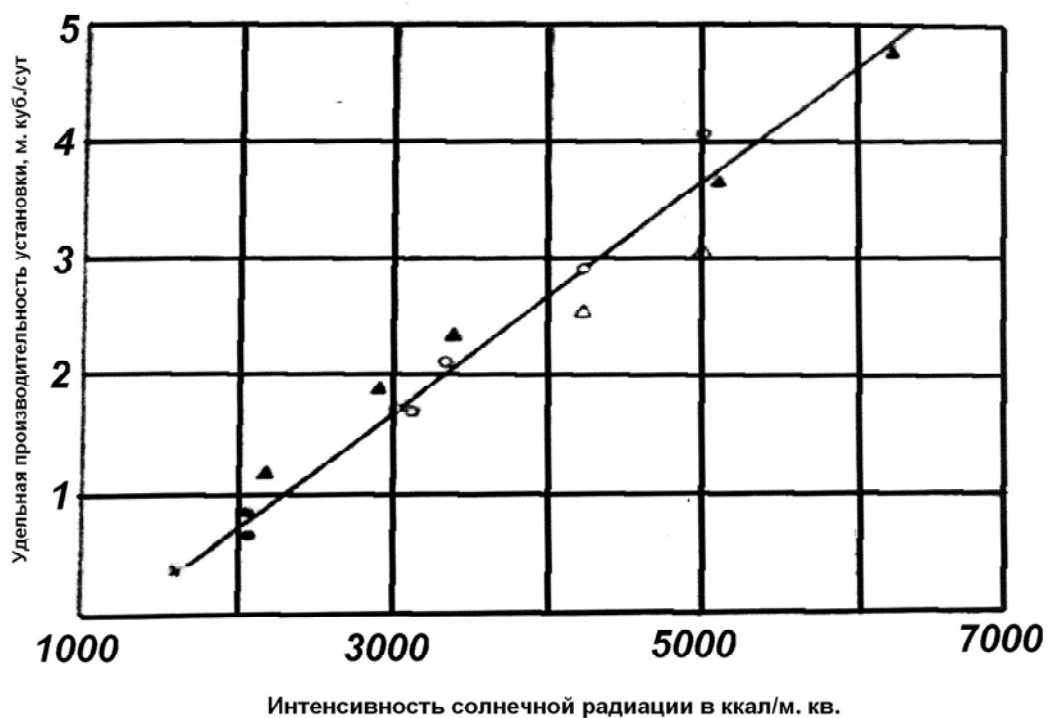
Соответственно, расход сточных вод  $q_{ст}$  составит 10 ~ 12 т/ч (10 ~ 12%).

Концентрация солей в сточных водах составит:

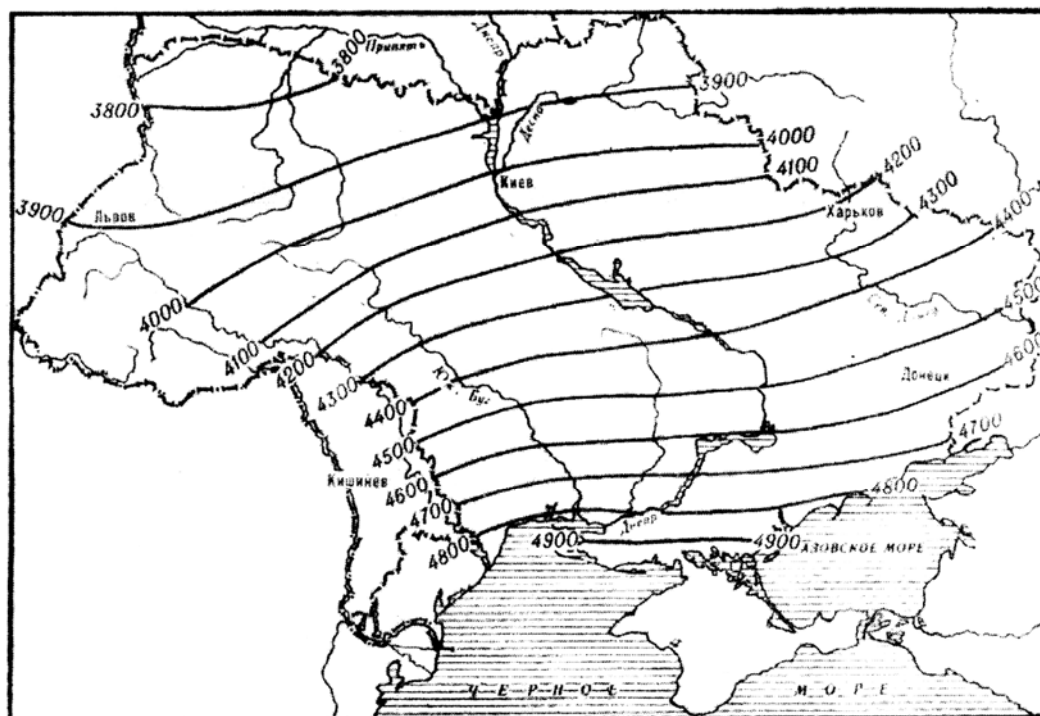
$$C_k = \frac{C_0 \cdot (d + 1)}{q_k}, \text{ мг·экв/кг,}$$

где  $C_0$  – солесодержание исходной воды, поступающей на ионитный блок обессоливания, мг·экв/л;

$d$  – удельный расход регенеранта на регенерацию водород-катионитных фильтров, г·экв/г·экв. (принимается удельный расход регенеранта на регенерацию водород-катионитных фильтров, т. к. сумма удаляемых реагентным методом катионов на величину щелочности воды больше суммы анионов, а для нейтрализации избыточной кислоты применяется известь).



**Рис. 1. Зависимость производительности горизонтального солнечного опреснителя парникового типа от интенсивности солнечной радиации**



**Рис. 2. Годовое распределение многолетних значений суммарной радиации (в МДж/м<sup>2</sup>)**

При концентрации солей в исходной воде 10 ~ 12 мг·экв/кг и удельном расходе регенеранта 2,5 г·экв/г·экв концентрация солей в стоках составит:

$$C_k = \frac{12 \cdot (2,5 + 1)}{0,12} = 350 \text{ мг·экв/кг.}$$

Эта величина примерно в 1,5 раза ниже минерализации воды черного моря.

Для определения удельной производительности «солнечного» упаривания при различной интенсивности солнечной радиации была проведена серия экспериментов при использовании специально изготовленного испарителя с глубиной нагреваемой воды 50-60 мм. Интенсивность солнечной радиации измерялась прибором Пиранометр-М-80-м (для измерения суммарной и рассеянной радиации) и Актинометром термоэлектрическим М-3 (Савино-Янишевского для измерения прямой радиации). Зависимость производительности испарителя от интенсивности радиации приведена на рис. 1. Для оценки возможности применения «солнечного» упаривания по справочным данным найдено годовое значение суммарной радиации (усредненное по многолетним данным) на территории Украины (рис. 2).

Из приведенных данных для широты Донецкой области суточная суммарная радиация составит  $4660 \text{ (МДж)} / 630 = 1,11 \cdot 10^6 / 360 = 3083 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{сутки}$ .

Для приведенной выше производительности ВПУ при упаривании воды приблизительно до пределов растворимости солей требуется весьма большая площадь упаривания, достигающая 13 га.

Следует отметить, что этот подход не решает проблем продувки циркуляционной системы. Нулевой сброс загрязнителей в последнем случае может быть решен за счет применения воздушно-конденсационных систем.

При использовании перед выпарной установкой открытого бассейна для нагревания возможно одновременное испарение, что может происходить на открытой поверхности практически при какой-либо температуре. При естественном испарении происходит концентрирование раствора, которое приближается к насыщению и выпадению кристаллов солей. Последние после извлечения из открытого водоема (бассейна) и высушивания применяют по назначению. Чем выше температура воды, тем интенсивнее происходит испарение, а значит концентрирование стоков.

Применение этого метода для концентрации стоков особенно целесообразно в теплых засушливых районах, в теплые периоды года, в дневное время.

Очень важно подобрать такую конструкцию установки упаривания, при которой достигался бы максимальный эффект при оптимальных размерах установки. Наиболее целесообразной является установка нагревания и упаривания высокоминерализованных стоков, которая представляет собой приближенную модель аппарата идеального вытеснения.

Аппарат (реактор) идеального вытеснения по сравнению с аппаратом идеального смешивания характеризуется равномерным движением потока жидкости по всему живому пересечению аппарата при отсутствии продольного перемешивания при равномерном распределении субстанции в направлении, перпендикулярном движению. В этом случае время пребывания всех частиц у аппарата одинаково и равняется отношению объема к объемному расходу [1].

Учитывая то, что время пребывания прямо пропорционально объему реактора, можно определить, что необходимый объем реактора идеального смешения будет больше объема реактора идеального вытеснения (табл. 1). Соответственно при равных объемах реактора степень превращения (упаривания) в реакторе идеального вытеснения всегда будет выше, чем в реакторе идеального смешения.

**Таблица 1**

**Объемы реакторов при упаривании рассолов**

Реактор	Выход, х			
	0,50	0,75	0,90	0,99
Вытеснение	0,91	1,21	1,67	3,03
Смешение	1,32	2,58	6,52	65,15

Таким образом, установка упаривания стоков на основе реактора идеального вытеснения будет эффективнее, чем установка на основе идеального смешения (при одинаковых объемах, внешних размеров). Получение реактора идеального вытеснения возможно на основе реакторов идеального смешения, которые включены последовательно в каскад.

#### **Библиографический список**

1. Кичигин В.И. Моделирование процессов очистки воды: Учеб. пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 230 с.