

нентов ОМР в их определённом соотношении к шестивалентному хрому, порядок их введения. Сначала ПАВ, потом  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , затем  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , и, наконец,  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ .

5 Оптимизированные параметры химических компонент позволяют повысить надёжность работы очистных сооружений оборотных систем водоснабжения и повысить уровень экологической безопасности.

### ЛИТЕРАТУРА:

1. Айрапетян Т.С. Водне господарство промислових підприємств: Навч. по сібник.– Харків: ХНАМГ, 2010.–280с.
2. Водоснабжение / А.Я.Найманов, С.Б. Никиша, Н.Г. Насонкина и др.– Донецк: ООО "Норд Компьютер", 2006.–654с.
3. Гомеля М.Д., Радовенчик В.М., Шаблій Т.О. Сучасні методи кондиціонування та очистки води в промисловості: монографія.– К.: Графіка, 2007.–168с.
4. Мовчан С. Интесификация работы оборотных систем водоснабжения //
5. MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin-Rzeszow, 2013.- Volume 15, №6,- P.157-164.
6. Эпоян С.М., Ефремов А.Б., Эпштейн С.И. Методы интенсификации очистки сточных вод гальванических производств с целью их повторного использования и предотвращения сброса в водные объекты // Экология и промышленность. – Харьков6 Укр ГНТЦ "ЭНЕРГОСТАЛЬ", 2010. – №1.– С.39-44.
7. Гордин И.В., Манусова Н.Б., Смирнов Д.Н. Оптимизация химико-технологических систем очистки промышленных сточных вод. – Л.: Химия, 1977. – 176с.
8. Джонсон Н., Лион Ф. Статистика и планирование эксперимента в науке и технике. –М.: Мир, 1981. – 520с.
9. Шашков В.Б. Прикладной регрессионный анализ (Многофакторная регрессия): учеб. пособие. – Оренбург: ОГУ, 2003. – 363с.

УДК 504.4.054

**Проскурнин О.А.**

*Украинский НИИ экологических проблем*

### УСТАНОВЛЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ НОРМАТИВОВ КАЧЕСТВА ПРИРОДНОЙ ВОДЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ БАСЕЙНОВОГО ПРИНЦИПА РАСЧЕТА ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД

С целью предотвращения недопустимо высокого уровня загрязненности бассейнов рек сточными водами для предприятий-водопользователей разрабатываются и утверждаются предельно допустимые сбросы (ПДС) загрязняющих веществ [1]. Согласно действующей «Инструкции по разработке и утверждению ПДС...» [2], расчет допустимого содержания веществ в сточных водах должен проводиться по бассейновому принципу. Данный принцип предполагает одновременный расчет допустимых концентраций веществ в сточных водах (СВ) для всех расположенных на участке бассейна реки выпусков.

Бассейновый принцип расчета ПДС полностью соответствует современным систем-

ным подходам к управлению водным хозяйством страны, которые основываются на эколого-экономических бассейновых принципах и должны обеспечить восстановление природно-экологические равновесия в экосистемах и экобезопасное водопользование. Согласно концепции водной политики, изложенной в работе [3], управление бассейном должно осуществляться Бассейновым Советом (законодательный орган) и Водным агентством реки – работающим на постоянной основе исполнительным органом.

Методической проблемой на настоящий момент является то, что при реализации бассейнового принципа расчета ПДС в качестве расчетных участков, согласно [2], следует брать участки бассейна в границах админи-

стративных областей. В работе [4] были приведены аргументы в пользу того, что такой подход нереализуем из-за масштабности участков, и выдвигалась идея разбиения бассейна реки на относительно небольшие локальные участки. При разбиении бассейна на участки предлагалось принимать во внимание не только границы административных территорий, но и физико-географические факторы, и неравномерность техногенной нагрузки. Однако отмечалось, что при этом возникает проблема назначения нормативов качества природной воды на каждом отдельном локальном участке. На сегодняшний день в Украине действует единая система нормативов качества поверхностных вод в виде предельно-допустимых концентраций (ПДК) в привязке лишь к виду водопользования (рыбохозяйственному, коммунально-бытовому, хозяйственно-питьевому) [5]. При этом региональные ПДК в водоохранном законодательстве отсутствуют. И если на всем протяжении реки использовать единый норматив, то предприятия-водопользователи окажутся в неравном положении – предприятия верхних участков будут иметь возможность сбрасывать загрязняющие вещества в значительно большем объеме, чем нижние, что приведет либо к сверхнормативному загрязнению речной воды, либо к остановке предприятий в нижней части бассейна. Поэтому недостающие нормативы качества природной воды должны, во-первых, не противоречить общепринятым нормативам (т.е. не превышать ПДК), во-вторых, максимально обеспечивать равномерное распределение возможностей водоотведения СВ между всеми предприятиями бассейна.

В работе [6] рассматривался возможный путь решения задачи установления нормативов качества природной воды в привязке к месторасположению участков. Целью данной работы является строгая формализация процесса установления нормативов качества природной воды для каждого локального участка при реализации бассейнового принципа расчета ПДС. Задача рассматривается для неконсерва-

тивных веществ; трансформация одних загрязняющих веществ в другие загрязняющие вещества в статье не рассматривается.

Нахождение нормативов качества природной воды производится отдельно для каждого вещества. Общая идея решения данной задачи заключается в следующем. Рассматривается укрупненная схема бассейна реки с обобщенными выпусками (рис. 1), т.е. все выпуски, расположенные на участке, условно собираются в один.

В качестве обобщенного выпуска может быть выбран крупный приток; в этом случае величина  $M$  – это масса вещества, проходящая в единицу времени через устьевой створ притока. В нижней точке каждого участка назначается контрольный створ локального участка (КСЛУ). Далее решается задача нахождения максимально допустимых валовых масс, не приводящих к превышению ПДК в каждом КСЛУ.

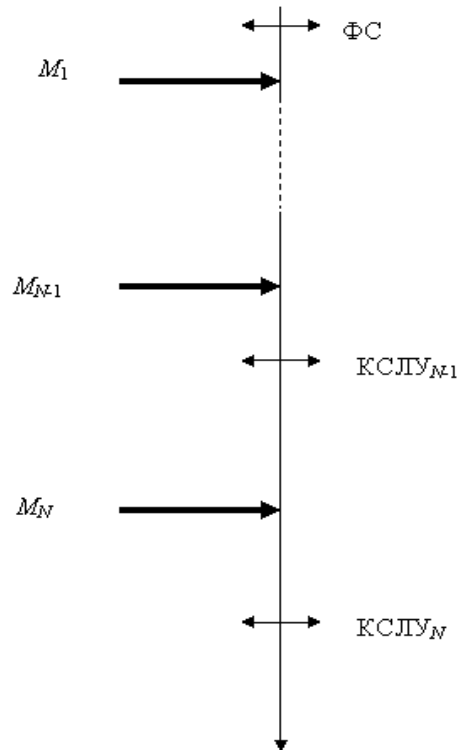


Рис. 1 – Схема расположения обобщенных выпусков и КСЛУ  
 ФС- фондовый створ; N - количество локальных участков; M – валовая масса рассматриваемого вещества, сбрасываемая в реку на локальном участке

При этом необходимо учитывать следующее обстоятельство. Если производится снижение валовых масс с целью неперевышения ПДК в каком-либо неустьевом КСЛУ<sub>*j*</sub> (т.е. *j* < *N*), то после этого автоматически снижается концентрация рассматриваемого вещества во всех КСЛУ, расположенных ниже КСЛУ<sub>*j*</sub>. Таким образом, появляется ресурс для увеличения нагрузки на нижних участках, что влечет уже увеличение валовых масс.

Расчет допустимых валовых масс, как это традиционно принято в системе нормирования, должен производиться исходя из фактического состояния. Под фактическим состоянием целесообразно принимать осредненную величину по последним годам. При этом следует исключать нетипичные периоды (аварии, временный простой предприятий, отклонения от технологического режима и т.п.).

Окончательно искомые нормативы качества речной воды – это расчетные концентрации веществ в КСЛУ, соответствующие найденным допустимым валовым массам *M*.

Для формализации вышеописанного механизма поиска допустимых валовых масс и последующего определения искомых нормативов вводятся в рассмотрение следующие математические объекты:

- $\{M\}^l$  – множество валовых масс, отводимых в бассейн реки с верхнего (1-го) до *l*-го участка включительно;
- $\{M\}_l$  – множество валовых масс, отводимых в бассейн реки с *l*-го участка до устьевого (*N*-го) включительно;
- $C_l$  – расчетная концентрация вещества в КСЛУ<sub>*l*</sub>;
- $L(\{M\}^l)$  – процедура снижения валовых масс  $\{M\}^l$  с целью достижения  $C_l \leq \text{ПДК}$ ;
- $V(\{M\}_l)$  – процедура увеличения валовых масс  $\{M\}_l$  до уровня, не приводящего к превышению ПДК во всех КСЛУ, расположенных ниже КСЛУ<sub>*l*</sub>.

В терминологии функционального анализа  $C_j$  – это функционал, отображающий множество валовых масс на шкалу концентраций,  $L$ ,  $V$  – операторы, отображающие

множество валовых масс на эквивалентное множество.

Расчет концентрации в каждом КСЛУ производится согласно модели, принятой в [2].

$$c(t) = (c_0 - c_{np}) \cdot \exp(-kt) + c_{np}, \quad (1)$$

где  $c_0$ ,  $c(t)$  – концентрация вещества соответственно в начальный момент и в момент времени *t*;  $c_{np}$  – природная концентрация вещества;  $k$  – коэффициент неконсервативности вещества, характеризующий интенсивность процесса самоочищения.

Представляя валовую массу как произведение усредненной концентрации на валовой расход сточных вод и пренебрегая самоочищением в пределах локального участка, получаем:

$$C_l = \frac{\sum_i^l [(c_i - c_{np}) \cdot \exp(-kt_i) + c_{np}] \cdot q_i}{Q_l}, \quad (2)$$

где  $Q_l$  – расход речной воды в КСЛУ<sub>*l*</sub>;  $q_l$  – расход сточных вод выпуска *i*.

Оператор  $L(\{M\}_l)$  работает по следующей схеме. Для каждого локального участка определяются коэффициенты влияния

$$a_i = \exp(-kt_i), \quad (3)$$

где  $t_i$  – время перемещения воды от *i*-го КСЛУ до КСЛУ<sub>*l*</sub>.

Также, исходя из принятого в европейских странах подхода, вводится в рассмотрение интегральный коэффициент эффективности очистных сооружений, равный

$$b_i = \sum_{j=1}^m \frac{(\delta_n - \delta_j)}{\delta_n}, \quad (4)$$

где  $m$  – количество предприятий на участке;  $\delta_j$  – степень очистки сточных вод по рассматриваемому показателю на *j*-ом предприятии;  $\delta_n$  – степень очистки сточных вод, соответствующая наилучшим доступным технологиям.

Далее ставится задача найти массы  $\tilde{M}$ , входящие в балансовое уравнение

$$\sum_{i=1}^l \tilde{M}_i = Q_l \cdot \text{ПДК}. \quad (5)$$

С целью учета коэффициентов влияния  $a_i$  и интегральных коэффициентов  $b_i$  искомые массы записываются в виде

$$\tilde{M}_i = M_i \cdot (1 - k \cdot a_i b_i), \quad (6)$$

где  $k$  – неизвестный коэффициент, подлежащий определению.

Подставляя (6) в (5), имеем

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^l \tilde{M}_i &= \sum_{i=1}^l M_i \cdot (1 - k \cdot a_i b_i) = \\ &= \sum_{i=1}^l M_i - k \sum_{i=1}^l a_i b_i = Q_l \cdot ПДК \end{aligned} \quad (7)$$

Окончательно:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^l M_i - Q_l \cdot ПДК}{\sum_{i=1}^l a_i b_i}. \quad (8)$$

Таким образом, формулы (6) и (8) позволяют получить новые значения валовых масс, которые не приведут к превышению ПДК в устьевом створе.

При работе оператора  $V(\{M\}^l)$  учитывается степень снижения валовых масс на предварительном этапе (вследствие работы оператора  $L$ ) относительно фактического уровня. Поэтому искомые величины предлагается искать в виде

$$\tilde{M}_i = M_i \cdot (1 - k \cdot \mu_i), \quad (9)$$

где  $k$  – неизвестный коэффициент, подлежащий определению;  $\mu_i = M_i / M_i^\phi$  – степень снижения массы;  $M_i^\phi$  – фактическое значение валовой массы.

Балансовое уравнение в этом случае будет следующим

$$\sum_{i=1}^N \tilde{M}_i = Q_N \cdot ПДК. \quad (10)$$

Произведя арифметические действия, аналогичные описанным выше, имеем:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^N M_i - Q_N \cdot ПДК}{\sum_{i=1}^N a_i b_i} \quad (11)$$

Таким образом, оператор  $V$  позволяет увеличить значения валовых масс, которые не превысят начальных (фактических) значений и не приведут к превышению ПДК в устьевом створе.

Искомыми нормативами качества природной воды в каждом КСЛУ $_i$  будут рассчитанные в них концентрации веществ  $\{C_i\}$ ,  $i=1 \div N$ , при условии, что общая отводимая на участке масса будет на уровне рассчитанных значений  $\{M_i\}$ .

Таким образом, разбиение бассейна реки на локальные участки является необходимым условием для расчета ПДС по бассейновому принципу. Данное разбиение влечет необходимость установления нормативов качества речной воды на каждом участке (более жесткого в сравнении с официально действующими ПДК), которое может быть произведено по описанному в статье алгоритму.

После разбиения бассейна реки на локальные участки и установления соответствующих нормативов качества речной воды расчет ПДС производится на каждом участке отдельно. В границах участка расчет производится одновременно для всех предприятий-водопользователей одним из методов, изложенных в [2]. (Методом, основанным на равномерном использовании ассимилирующей способности водотока [2, прилож. 1, п. 1.2.4], либо путем решения оптимизационной задачи [2, прилож. 1, п. 1.2.5].)

Предметом дальнейших исследований в данной области является проверка эффективности предложенной схемы на примере бассейна реки (либо крупного участка бассейна). Кроме того, предполагается выработка предложений по изменению водного законодательства с целью уточнения порядка расчета ПДС для предприятий-водопользователей.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Водный кодекс Украины. К., Видавничий Дім «Ін Юре», 2004. – 138 с..
2. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично-допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами: Затв. Міністри України 15.12.94. – Харків: УкрНЦОВ, 1994. – 79 с.

3. Сташук В.А., Яцик А.В. До питання водної політики в Україні на принципах басейнового управління водними ресурсами: [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://tib.znaimo.com.ua/download/docs-9401/25500-9401.doc>.
4. Проскурнин О.А. Разбиение бассейна реки на локальные участки при реализации бассейнового принципа нормирования водоотведения / О.А. Проскурнин, Ю.И. Капанина, О.И. Капанина // Водні ресурси України та меліорація земель: матеріали міжнар. конф., Київ, 2013. — С. 170—171.
5. Васенко О.Г., Коробкова Г.В. Загальні принципи визначення екологічних нормативів якості поверхневих вод / О.Г. Васенко, Г.В. Коробкова // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: матеріали VII міжнар. конф., Алушта, 2011. — Харків, ВД «Райдер», 2011 — С.228–234.
6. Проскурнин О.А. Разбиение бассейна реки на локальные участки с целью осуществления бассейнового принципа расчета допустимых сбросов сточных вод / О.А. Проскурнин // Коммунальное хозяйство городов: Науч. техн. сб. – Сер. техн. науки и архитектура. – К.: Техніка, 2014. – № 112. – С. 82-87.

УДК 621.557.2

**Ткаченко Р.Б., Ромашко А.В.**

*Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова*

### ВНЕДРЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ В НАРОДНОЕ ХОЗЯЙСТВО

В условиях обостряющегося дефицита и роста цен на энергоносители проблема энергосбережения для экономики Украины в целом и для её жилищно-коммунального сектора в частности становится весьма актуальной.

По прогнозам Мирового Энергетического Комитета к 2020 году доля геотермальных тепловых насосов в отоплении составит 75%.

Известно, что жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) является важнейшей социальной отраслью, где функционируют тысячи предприятий и организаций, эксплуатируется почти 25% основных фондов страны, занято около 7% трудоспособного населения и используется около 26% топливно-энергетических ресурсов Украины. В то же время эта отрасль экономики является наиболее технически отсталой с целым рядом все обостряющихся проблем. Средний расход тепловой энергии, используемой для отопления жилого фонда, превышает 600 кВт·ч/год на 1 м<sup>3</sup>, что в 4-5 раз выше, чем аналогичные показатели для таких «холодных» стран как Норвегия, Швеция и Финляндия [1-3].

Исследования, выполненные в Киев ЗНИИЭП, в НПП «Инсолар», в ИПМаш НАНУ и базирующиеся при оценке энергетической эффективности различных систем

теплоснабжения на понятии коэффициента использованной первичной энергии, показывают, что при рационально организованной системе на базе тепловых насосов со средним коэффициентом преобразования 3,5 затраты топлива могут быть уменьшены по сравнению с крупными отопительными котельными в 1,2-1,8 раз, по сравнению с мелкими котельными и индивидуальными тепло генераторами – в 2-2,6 раза и по сравнению с электронагревателями – в 3-3,6 раза при нынешних тарифах на энергоносители. Учитывая тот факт, что по прогнозам стоимость тепловых насосов может увеличиваться не более чем на 2-3% в год, а тарифы будут расти сравнимо с уровнем инфляции (порядка 10-20% в год, по не самым пессимистичным прогнозам), сроки окупаемости теплового насоса могут существенно снизиться. В системах с рекуперацией теплоты низкопотенциальных сбросных энергопотоков и использованием теплонасосного оборудования для кондиционирования воздуха в помещениях в летнее время сроки окупаемости могут быть менее 2 лет [4].

На сегодняшний день Украина существенно отстает от стран мирового сообщества как по производству, так и по внедрению тепловых насосов в различные области