

ЛИТЕРАТУРА

1. Временные указания о составе и степени проработки технико-экономических обоснований (ТЭО) проектирования и строительства коммунальных водопроводов и канализаций в городах и населенных пунктах БССР. ВСН 1-79. — Минск, 1979. — 11 с.
2. Злотник В.А., Калинин М.Ю., Усенко В.С., Черепанский М.М. Прогнозирование влияния эксплуатации подземных вод на гидрогеологические условия. — Минск, 1985. — 296 с.
3. Булавко А.Г. Прогнозирование изменения водного баланса под влиянием хозяйственной деятельности // Водные ресурсы, 1973, № 4. — С. 50—58.
4. Булавко А.Г. Водные ресурсы и человек. — Минск, 1976. — 40 с.
5. Временная инструкция по проектированию сооружений для очистки поверхностных сточных вод. СН 496-77. — М., 1978. — 40 с.
6. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска в водные объекты. — М., 1983. — 47 с.
7. Временные указания органам Госкомитета СМ БССР по охране природы по согласованию бассейновых схем комплексного использования и охраны водных и земельных ресурсов и проектов мелиорации земель на территории БССР (Госкомприроды БССР). — Минск, 1971. — 8 с.
8. Правила охраны поверхностных вод от загрязнения сточными водами / Минводхоз СССР, Минздрав СССР, Минрыбхоз СССР. — М., 1975. — 40 с.
9. Фадеевский Б.В. Методические основы оценки резервируемого природоохранного стока // Водные ресурсы Белоруссии и их охрана. Минск, 1982. — Вып. 11. С. 85—94.
10. Родзиллер И.Д. Прогноз качества воды водоемов-приемников сточных вод. — М., 1984. — 263 с.
11. Гатилло С.П., Филиппович И.В. Регулирование уровней воды в мелиоративных каналах при помощи водопропускных сооружений с водосливной стенкой // Водное хозяйство и гидротехн. стро-во. Минск, 1985. — Вып. 14. — С. 26—30.
12. Михальцевич А.И., Пантелей К.С., Кудрячев А.И., Гриневич Н.Я. Влияние краткосрочных затоплений на продуктивность сеяных трав // Сб. научн. работ по мелиоративн. стро-ву и с/х использованию осушенных земель. — Вып. XXVIII. — Минск, 1980. — С. 218—228.

УДК 556.53

В.Н.ПЛУЖНИКОВ, В.Л.ЭЛЬПЕР,
канд.-ты техн. наук (ЦНИИКИВР)

ОЦЕНКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДЫ ПРОМЫШЛЕННОСТЬЮ В БАССЕЙНАХ МАЛЫХ РЕК

При размещении промышленных объектов в бассейнах малых рек проявляются особенности, обуславливающие отличия (по сравнению с крупными реками) в подходе к оценке целесообразности и эффективности мер по обеспечению предприятий водой и охране водных ресурсов от загрязнения и истощения. Во-первых, возрастает вероятность дефицита водных ресурсов. Во-вторых, в таких бассейнах функционирование промышленных предприятий оказывает существенное воздействие на количественные показатели и качественное состояние речной воды. Требуется высокая степень очистки сбрасываемых сточных вод, так как ассимилирующая способность водоема невелика.

В створах городов сбросы сточных вод могут быть сопоставимы и превышать расход воды в малой реке вследствие использования для водоснабжения подземных вод. Кроме того, необходимо строго соблюдать ограничения допустимого отбора воды исходя из интересов данной малой реки, а также рек, которые она питает.

В настоящее время отсутствует однозначная трактовка понятия "малые реки". В ГОСТе 19179-73 под малыми понимаются реки, площадь водосбора которых не превышает 2000 км². Имеются работы, где длина малых рек ограничивается величиной 500 км. Это можно объяснить попыткой классифицировать реки "с географических позиций", с точки зрения их размеров. Особое внимание, уделяемое малым рекам, обусловлено прежде всего их хозяйственным значением, повышенной чувствительностью к антропогенной деятельности и особенностями. Поэтому правомерен водохозяйственный подход при решении вопроса об отнесении той или иной реки к категории малых рек. Он позволяет выделить реки, на количественный и качественный режим которых оказывает существенное влияние функционирование отдельного объекта-водопользователя (или ограниченной группы объектов). Те же особенности определяют важность рационального использования водных ресурсов в бассейнах малых рек.

Оценку использования вод необходимо осуществлять в двух аспектах. Первый — масштаб использования вод, определение требований к мероприятиям, обеспечивающим дальнейшее развитие водопользования в бассейне. Это выполняется в основном для крупных рек и касается регулирования или переброски стока, с помощью которого заданные потребности в воде удовлетворяются. Второй заключается в анализе организации водного хозяйства водопользователей с целью выявления возможностей и резервов экономии воды. Для этого нужен более детальный анализ использования воды на отдельных народнохозяйственных объектах: объемов водопотребления и водоотведения, степени повторного использования воды. Водопотребление и водоотведение представляются в виде фактических удельных показателей (на единицу продукции или сырья), которые сопоставляются с соответствующими плановыми величинами (установленными для данного объекта лимитами, проектными или балансовыми показателями) и достижениями в этой отрасли.

Повторное использование воды (сложившееся и возможное на данном объекте) является показателем комплексного решения задач воспроизводства водных ресурсов и охраны водоемов от загрязнения и истощения. Оно может осуществляться в промышленности по различным схемам: 1) последовательное использование воды в производственных процессах на одном предприятии; 2) обратное водоснабжение для одних и тех же водопотребителей; 3) использование сточных вод одних предприятий для нужд технического водоснабжения других; 4) потребление городских и других категорий сточных вод в качестве источника технической воды; 5) комбинированная схема водоснабжения.

Выбор одной из указанных схем определяется технологией производства, местными условиями и обосновывается технико-экономическими расчетами.

Степень повторного использования воды на объекте характеризуется

кратностью $K_k = Q_{вп} / Q_{св}$ или коэффициентом оборота $K_o = \frac{Q_{вп} - Q_{св}}{Q_{вп}}$ и зави-

сит от вида производства. Здесь $Q_{вп}$ — общее водопотребление (сумма объемов потребления воды во всех технологических и вспомогательных процес-

сах); $Q_{\text{св}}$ — потребление предприятием свежей воды, характеризует поступление воды на промплощадку извне.

В рамках ограничений, обусловленных технологией производственного процесса, высокие значения коэффициентов свидетельствуют об эффективном использовании воды на данном предприятии.

При оценке рациональности потребления свежей воды применяют ко-

эффициент $K_{\text{и}} = \frac{Q_{\text{св}} - Q_{\text{отв}}}{Q_{\text{св}}}$ ($Q_{\text{отв}}$ — количество сбрасываемых сточных

вод). Однако по $K_{\text{и}}$ правильную оценку дать затруднительно. Большая величина $K_{\text{и}}$ должна свидетельствовать о лучшем использовании свежей воды на объекте. Возрастанию этого коэффициента способствует сокращение сброса сточных вод. Так, бессточная система водного хозяйства предприятия ($Q_{\text{отв}} = 0$) характеризуется максимальным значением $K_{\text{и}} = 1$. Однако к увеличению $K_{\text{и}}$ приводит и рост безвозвратных потерь воды на утечки, испарение, механический унос в градирнях и т.п. Поэтому величина $K_{\text{и}}$ может служить критерием рациональности использования свежей воды на предприятии лишь при сопоставлении показателей $Q_{\text{св}}$ и $Q_{\text{отв}}$ с действующими нормативами и достигнутым на передовых предприятиях уровнем. Поэтому более предпочтительны коэффициенты $K_{\text{о}}$ и $K_{\text{к}}$.

В табл. 1. приведены данные по ряду предприятий г. Минска. Для сопоставления представлены нормативные значения показателей, вычисленные в соответствии с [1]. Как видно, на ряде предприятий имеются значительные резервы для экономии воды в производстве. Примерами предприятий с высокой степенью использования воды могут служить тракторный и подшипниковый заводы, мясокомбинат.

В условиях бассейна малой реки большое значение имеют межобъектные водохозяйственные связи, кооперация отдельных предприятий в части водопользования с учетом состава сточных вод и требований к качественным показателям технической воды, поступающей на производственные нужды. Развитие таких связей зависит от местных условий и номенклатуры производств, представленных на данном расчетном участке.

Таблица 1

Показатели использования воды на производственные нужды

Предприятия	$K_{\text{к}}$		$K_{\text{о}}$	
	норм.	факт.	норм.	факт.
Тракторный завод	7,6	69,6	0,87	0,98
Автозавод	6,0	6,68	0,85	0,85
ГПЗ-11	7,0	10,2	0,85	0,90
Камвольный комбинат	7,5	1,39	0,87	0,28
Молочный комбинат	6,5	7,58	0,85	0,87
Гормолзавод № 1	6,5	5,87	0,85	0,83
Мясокомбинат	4,0	16,5	0,75	0,94
Ф-ка "Коммунарка"	4,5	1,63	0,75	0,39

В конечном итоге кооперация приводит к уменьшению требований к источнику воды как по забору свежей воды, так и по разбавлению сточных вод. При m объектах на участке в случае осуществления повторно-последовательного использования воды справедливы соотношения

$$Q_{\text{заб}}^{\text{ГР}} < \sum_{i=1}^m Q_{\text{заб},i}; \quad Q_{\text{отв}}^{\text{ГР}} < \sum_{i=1}^m Q_{\text{отв},i},$$

где $Q_{\text{заб}}^{\text{ГР}}, Q_{\text{отв}}^{\text{ГР}}$ — общий забор свежей воды из реки и сброс в нее сточных вод; $Q_{\text{заб},i}, Q_{\text{отв},i}$ — то же для отдельных объектов при автономной системе водоснабжения и водоотведения.

Однако безвозвратное водопотребление может не измениться или даже несколько возрасти за счет дополнительных потерь при передаче и внутри-системной подготовке воды.

Водные ресурсы малых рек могут использоваться многократно не только путем непосредственной передачи после потребления одним предприятием другому, но и при последовательном заборе и сбросе воды рядом предприятий. В этом случае возникает задача правильного определения водоемкости предприятий. Необходимо принимать в расчет качество сбрасываемых в водоем сточных вод, условия смешения и самоочищения и в итоге потребное количество разбавляющей воды в реке для обеспечения возможности водоснабжения нижележащих предприятий [2].

Оценка интенсивности использования природных вод выполняется по отношению $Q_{\text{заб}}^{\text{ГР}}/W_{\text{год}}^{\text{Ф}}$; $Q_{\text{заб}}^{\text{ГР}}/W_{\text{год}}^{0,95}$, где $W_{\text{год}}^{\text{Ф}}, W_{\text{год}}^{0,95}$ — годовые объемы воды в расчетном створе (соответственно фактический и 95 %-й обеспеченности). Для бассейнов малых рек числитель этих отношений в отдельных случаях может оказаться больше знаменателя, что будет свидетельствовать о весьма интенсивном использовании воды (многократно вдоль реки).

Для оценки возможностей расширения повторного использования воды на действующих объектах необходимо проводить в каждом конкретном случае технико-экономическое сопоставление вариантов.

Для снижения водопотребления на $\Delta Q_{\text{св}}$ и водоотведения на $\Delta Q_{\text{отв}}$ в реконструкцию водного хозяйства предприятий необходимо вложить средства в размере $Z_{\text{р.к}}(\Delta Q_{\text{св}}, \Delta Q_{\text{отв}})$. Этим достигается снижение затрат по забору свежей воды из источника (реки) на $\Delta Z_{\text{св}}(\Delta Q_{\text{св}})$, по водоотведению, очистке сточных вод и т.д. на $\Delta Z_{\text{отв}}(\Delta Q_{\text{отв}})$, по оплате забора и сброса воды $\Delta Z_{\text{пл}}(\Delta Q_{\text{св}}, \Delta Q_{\text{отв}})$. В общем случае для бассейна малой реки при сокращении водопотребления отдельным крупным объектом можно ожидать экономии затрат $\Delta Z_{\text{р.с}}(\Delta Q_{\text{св}})$ по регулированию и переброске стока. Эта экономия при существующих водохранилищах и каналах достигается за счет высвобождения соответствующего количества воды для развития водопотребления другими объектами. Таким образом, критерий выгодности расширения повторно-последовательного использования воды на объекте будет иметь вид:

$$[\Delta Z_{\text{св}}(\Delta Q_{\text{св}}) + \Delta Z_{\text{отв}}(\Delta Q_{\text{отв}}) + \Delta Z_{\text{пл}}(\Delta Q_{\text{св}}, \Delta Q_{\text{отв}}) + \Delta Z_{\text{р.с}}(\Delta Q_{\text{св}}) - Z_{\text{р.к}}(\Delta Q_{\text{св}}, \Delta Q_{\text{отв}})] = \Delta Z_{\text{повт}}^{\text{авт}} \rightarrow \max, \Delta Z_{\text{повт}}^{\text{авт}} \geq 0;$$

$$\exists_{p, k} (\Delta Q_{cb}, \Delta Q_{отв}, \psi) \rightarrow \min, \psi \in \Psi; \quad (1)$$

$$\Delta Q_{cb} = \text{const}; \quad \Delta Q_{отв} = \text{const}; \quad Q_{cb} \geq \Delta Q_{cb} \geq 0; \quad Q_{отв} \geq \Delta Q_{отв} \geq 0;$$

$$K_p^H = \frac{K_p^B (Q_p - Q_{cb}^I) + K_{отв}^I Q_{отв}^I}{Q_p - Q_{cb}^I + Q_{отв}^I} \geq [K],$$

где Ψ — число возможных схем (способов) реконструкции водного хозяйства объекта на фиксированный объем сокращения водопотребления; K_p^B , K_p^H , $K_{отв}^I$, $[K]$ — соответственно показатели качества воды в реке выше и ниже сброса сточных вод данным объектом, качества сбрасываемых сточных вод и допустимые (\geq — не хуже); Q_{cb}^I , $Q_{отв}^I$ — достигаемые при реконструкции показатели водопотребления ($Q_{cb}^I = Q_{cb} - \Delta Q_{cb}$; $Q_{отв}^I = Q_{отв} - \Delta Q_{отв}$); Q_p — расход реки в створе водозабора; $\Delta \mathcal{E}_{повт}^{авт}$ — суммарный экономический эффект от повторного использования воды на объекте (автономно).

Для получения данных по условию (1) необходимы изыскательские и проектные работы. Для группы объектов решение задачи требует оценки их совместимости и эффекта кооперации.

Совместимость объектов характеризуется как общностью их месторасположения, так и возможностью приема сточных вод в качестве источника свежей воды по количеству и качеству. Для этого необходима разработка требований к качеству воды, используемой в производственных процессах. Аналогично (1) формируется критерий оптимальности повторного использования воды для группы из m объектов.

Через оплату регулирования стока и очистки сточных вод проявляется обратная связь между водностью реки и эффективностью повторного использования воды в промузлах и на отдельных предприятиях, что наиболее существенно для бассейнов малых рек.

При изучении возможности применения для технического водоснабжения очищенных городских сточных вод по этой схеме для предприятий учитывается эффект от сокращения затрат по забору свежей воды из источника, для коммунального хозяйства — то же по водоотведению [3].

Детализация приведенных моделей и насыщение их фактическими и проектными данными для получения реальных решений являются актуальной задачей в области водообеспечения промышленности в бассейнах малых рек и охраны их водных ресурсов от истощения и загрязнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. — М.: Стройиздат, 1982. — 528 с. 2. К а м и н с к и й В.С. Некоторые вопросы организации водооборота на промышленных предприятиях // Водные ресурсы. — 1984. — № 5. — С. 20—33. 3. К у з н е в А.К. Экономическая эффективность использования городских сточных вод в техническом водоснабжении. — Автореф. дис... канд. техн. наук. — Л., 1973. — 19 с.