

сти: измеряется отметка свободной поверхности x_2^n и ветровое напряжение τ_B ; выполняется идентификация (измеряется продольная скорость в репрезентативных точках потока), вычисляется уклон I по (6); выбираются полиномы (7), соответствующие величине ветрового напряжения, и вычисляются величины $\overline{Q}(x_2^n)$ и (или) $\overline{C}(x_2^n)$, а также абсолютные значения расхода воды и (или) концентрации примеси:

$$Q(x_2^n) = \overline{Q}(x_2^n) I^{-0,5}; \quad C(x_2^n) = \overline{C}(x_2^n) I^{-0,5}.$$

Следует отметить, что предлагаемый способ будет иметь наибольшую эффективность при выполнении измерений с помощью автоматических устройств.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р о г у н о в и ч В.П., О с и п о в и ч А.А. Совершенствование первичного учета использования водных ресурсов на мелиоративных системах // Тез. докл. Всесоюз. НТС "Проектир. комплексн. использ. и охраны водн. рес. на мелиор. системах" / ЦБНТИ Минводхоза СССР. — М., 1978. — С. 14—17.
2. Р о г у н о в и ч В.П., Б о г д а н о в и ч М.И. Распределения осредненных скоростей в руслах неправильной формы сечения // Водное хозяйство и гидротехническое строительство. — 1983. — Вып. 13. — С. 56—62.
3. Р о д и В. Модели турбулентности окружающей среды // Методы расчета турбулентных течений. — М., 1984. — С. 227—332.
4. Т и х о н о в А.Н., С а м а р с к и й А.А. Уравнения математической физики. — М., 1977. — 735 с.
5. Р о у ч П. Вычислительная гидродинамика. — М., 1980. — 616 с.

УДК 628.356

Т.В. ЦЕЛИКОВА, Г.Ф. КОЗАК

ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В СТОЧНЫХ ВОДАХ МИНСКОЙ СТАНЦИИ АЭРАЦИИ

На очистные сооружения г. Минска поступают бытовые сточные воды и сточные воды предприятий автомобильной, станкостроительной, электронной и радиопромышленности, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Количество сточных вод, сбрасываемых в р.Свислочь по г.Минску за 7 лет (1980—1986 гг.) возросло на 180,5 тыс. м³/сут.

Цель данной работы — изучение динамики содержания тяжелых металлов и влияние их на биологическую очистку Минской станции аэрации (МСА), оценка качества сточных вод с целью охраны окружающей среды.

Табл. 1. Среднегодовое содержание тяжелых

| Металл | Год | | | | | | | | |
|--------|------------|---------------|--------|------------|---------------|--------|------------|---------------|--------|
| | 1980 | | | 1981 | | | 1982 | | |
| | до очистки | после очистки | выпуск | до очистки | после очистки | выпуск | до очистки | после очистки | выпуск |
| Железо | 1,18 | 0,23 | 0,51 | 1,00 | 0,27 | 0,72 | 1,10 | 0,49 | 0,68 |
| Хром | 0,26 | 0,08 | 0,06 | 0,27 | 0,12 | 0,14 | 0,23 | 0,10 | 0,12 |
| Цинк | 0,54 | 0,27 | 0,27 | 0,38 | 0,16 | 0,20 | 0,44 | 0,11 | 0,13 |
| Медь | 0,18 | 0,09 | 0,06 | 0,11 | 0,07 | 0,09 | 0,70 | 0,19 | 0,23 |
| Никель | 0,22 | 0,10 | 0,12 | 0,10 | 0,05 | 0,04 | 0,13 | 0,07 | 0,04 |

Динамика содержания тяжелых металлов изучалась на примере тех из них, которые чаще всего встречаются в сточных водах, поступающих на МСА: железо, хром, цинк, медь и никель. Среднегодовое их содержание колеблется в пределах: железо — 0,706—1,18 мг/л; хром — 0,23—1,22; цинк — 0,13—0,54; медь — 0,11—0,97; никель — 0,06—0,22 мг/л (табл. 1).

Так как в период исследований полной биологической очистке подвергалась часть стока, то среднегодовое содержание металлов в сточной воде, сбрасываемой в р. Свислочь, превышает их содержание после биологической очистки (за исключением цинка). Максимальное содержание металлов в исходном стоке наблюдалось: железа — в 1980 г. (август), хрома — в 1986 г. (январь), цинка — в 1980 г. (февраль), меди — в 1984 г. (январь), никеля — в 1982 г. (апрель) и соответственно составило 2,9; 1,61; 1,71; 5,7 и 0,65 мг/л. Сопоставив имеющиеся данные с требованиями СНиП [1], можно сделать вывод, что по ряду металлов (никель — 1980, 1982 гг., цинк — 1980, 1981 гг., медь — 1983—86 гг.) предельно допустимые концентрации не выдерживались. Так, в 1984 г. (январь) содержание меди в сточной воде было в 11 раз больше, в 1980 г. (февраль) цинка — в 1,71 раза, в 1982 г. (апрель) концентрация никеля увеличилась в 1,3 раза по сравнению с предельно допустимой.

Такая неравномерность содержания металлов в поступающих на МСА стоках может быть объяснена недостаточной локальной очисткой стоков на предприятиях города и имеющими место залповыми сбросами, содержащими тяжелые металлы, что не может не оказывать существенного влияния на их биологическую очистку.

Процент снижения содержания тяжелых металлов после биологической очистки при максимальном содержании их в поступающей сточной воде составил: железо — 97,59%; хром — 91,93; медь — 96,49; цинк — 74,85; никель — 30,77%. При минимальном — соответственно 83,3; 7,89; 57,14; 22,22; 0%.

металлов в сточных водах МСА, мг/л

| Металл | Год | | | | | | | | | | | |
|--------|------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|-------------|---------------|--------|
| | 1983 | | | 1984 | | | 1985 | | | 1986 | | |
| | до очистки | после очистки | выпуск | до очистки | после очистки | выпуск | до очистки | после очистки | выпуск | до очистки | после очистки | выпуск |
| Железо | 0,96 | 0,35 | 0,53 | 0,71 | 0,24 | 0,43 | 0,835 | 0,47 | 0,495 | 0,706 | 0,19 | 0,225 |
| Хром | 0,27 | 0,06 | 0,08 | 0,79 | 0,11 | 0,23 | 0,76 | 0,15 | 0,22 | 1,22 | 0,13 | 0,17 |
| Цинк | 0,13 | 0,04 | 0,04 | 0,28 | 0,05 | 0,074 | 0,275 | 0,06 | 0,08 | 0,24 | 0,07 | 0,056 |
| Медь | 0,28 | 0,21 | 0,16 | 0,97 | 0,17 | 0,26 | 0,298 | 0,056 | 0,08 | 0,33 | 0,067 | 0,06 |
| Никель | 0,06 | 0,03 | 0,04 | Отсутствует | | | Отсутствует | | | Отсутствует | | |

Анализируя полученные данные, необходимо отметить, что в сточной воде остается такое количество металлов, которое Минская станция аэрации при существующем режиме работы практически очистить не в состоянии. А резкое повышение их содержания в сточных водах снижает очищающую способность ила [2, 3] и способствует накоплению металлов в осадке.

Следует отметить, что и после биологической очистки (табл. 2) часть металлов остается в воде и поступает в р. Свислочь. Так, только за 1986 г. в реку было сброшено: 53,4 т железа, 14,2 — меди, 13,3 — цинка, 40,3 т хрома. Однако содержание металлов в очищенной воде в 1986 г. значительно уменьшилось по сравнению с предыдущими годами (исключение составляет лишь хром): железа по сравнению с 1982 г. на 59,8%, а с 1985 г. — на 52%; меди по сравнению с 1982 г. на 68%, а с 1984 г. — на 74,5%; цинка — с 1980 г. — на 71,3%, с 1982 г. — на 47,6%; никель с 1984 г. в сточной воде на выпуске в водоем отсутствует. В целом же содержание тяжелых металлов, поступающих в водоем, остается высоким и не может не вызывать беспокойства.

Табл. 2. Содержание тяжелых металлов в сточной воде МСА на выпуске в р. Свислочь

| Металлы | Годы | | | | | | | | | | | | | |
|---------|-------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|-------------|-------|-------------|-------|-------------|-------|
| | 1980 | | 1981 | | 1982 | | 1983 | | 1984 | | 1985 | | 1986 | |
| | мг/л | т/год | мг/л | т/год | мг/л | т/год | мг/л | т/год | мг/л | т/год | мг/л | т/год | мг/л | т/год |
| Железо | 0,51 | 87,4 | 0,72 | 132,9 | 0,68 | 133,0 | 0,53 | 109,0 | 0,43 | 92,0 | 0,495 | 111,5 | 0,225 | 53,4 |
| Медь | 0,06 | 10,3 | 0,09 | 16,6 | 0,23 | 45,0 | 0,16 | 32,9 | 0,26 | 55,6 | 0,08 | 18,0 | 0,06 | 14,2 |
| Цинк | 0,27 | 46,3 | 0,20 | 36,9 | 0,13 | 25,4 | 0,04 | 8,2 | 0,074 | 15,8 | 0,08 | 18,0 | 0,056 | 13,3 |
| Хром | 0,064 | 11,0 | 0,14 | 25,8 | 0,12 | 23,5 | 0,08 | 16,5 | 0,23 | 49,2 | 0,22 | 49,5 | 0,17 | 40,3 |
| Никель | 0,12 | 20,6 | 0,04 | 7,4 | 0,04 | 7,8 | 0,04 | 8,2 | Отсутствует | | Отсутствует | | Отсутствует | |

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

содержание тяжелых металлов в сточных водах превышает установленные ПДК для промышленных предприятий города, что свидетельствует не только о низкой эффективности работы локальных очистных сооружений, но и о сбросах в канализацию осадков, содержащих тяжелые металлы;

сложившаяся ситуация (существующее поступление тяжелых металлов, пропускная способность МСА и эффективность ее работы) способствует превышению допустимых концентраций тяжелых металлов в р. Свислочь и в осадке МСА, что исключит возможность его сельскохозяйственного использования.

Для улучшения экологической обстановки необходимо срочно решить вопросы по централизованному сбору и утилизации осадков очистных сооружений промышленных предприятий и повышению эффективности работы МСА.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.04.03—85. Канализация. Наружные сети и сооружения. 2. Г р у ш к о Я.М. Вредные неорганические соединения в промышленных сточных водах. — Л., 1979. — 155 с. 3. К о з л о в с к а я С.Б. Интенсификация биологической очистки сточных вод // Тез. докл. Всесоюз. науч. техн. конференции "Основные направления развития водоотведения, очистки сточных вод и обработки осадка". Ч. I. Харьков. — 1985. — 24 с.

УДК (631.432:631.436).001.572

К.А. ГЛУШКО, П.И. ЗАКРЖЕВСКИЙ

ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МИГРАЦИИ ВЛАГИ В МЕЛКОЗАЛЕЖНЫХ ТОРФЯНИКАХ

В процессе промерзания почвы происходит накопление влаги в зоне промерзания, что приводит при определенных гидрогеологических условиях к существенному ее перераспределению с равновесным состоянием исходного осеннего периода. Увеличение влаги в зоне промерзания сопровождается иссушением подстилающей талой толщи почвы и подтоком влаги от уровня грунтовых вод. Переток влаги в зону промерзания происходит за счет действия кристаллизационно-пленочного [1, 2], вакуумно-компрессионного [3] и диффузионного [4] механизмов формирования потенциала влажности. Основным из них считается кристаллизационно-пленочный.

Закономерности передвижения влаги при замерзании грунта