

ступеней. Скорость процесса адсорбции зависит от концентрации, природы и структуры растворенных веществ, температуры воды, вида и свойств адсорбента. В общем случае процесс адсорбции складывается из трех стадий: переноса вещества и сточной воды к поверхности зерен адсорбента (внешнедиффузионная область), собственно адсорбционный процесс, перенос вещества внутри зерен адсорбента (внутридиффузионная область). Принято считать, что скорость собственно адсорбции велика и не лимитирует общую скорость процесса. Следовательно, лимитирующей стадией может быть внешняя либо внутренняя диффузия. В некоторых случаях процесс лимитируется обеими этими стадиями. Во внешнедиффузионной области скорость массопереноса в основном определяется интенсивностью турбулентности потока, которая в первую очередь зависит от скорости жидкости. Во внутридиффузионной области интенсивность массопереноса зависит от вида и размеров пор адсорбента, от форм и размера его зерен, от размера молекул адсорбирующихся веществ, от коэффициента массопроводности. Учитывая все эти обстоятельства, определяют условия, при которых адсорбционная очистка сточных вод идет с оптимальной скоростью. Процесс целесообразно проводить при таких гидродинамических режимах, чтобы он лимитировался во внутридиффузионной области, сопротивление которой можно снизить, изменяя структуру адсорбента и уменьшая размеры зерна. Для ориентировочных расчетов рекомендуется принимать следующие значения скорости и диаметра зерна адсорбента: скорость 1,8 м/ч и размер частиц 2,5 мм. При значениях меньше указанных, процесс лимитируется во внешнедиффузионной области, при больших значениях - во внутридиффузионной.

## АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

**М.В. Двадненко, Н.М. Привалова,**

**И.Ю. Кудаева, А.Г. Степура**

*Кубанский государственный  
технологический университет  
Краснодар, Россия*

Известно, что адсорбционные методы преимущественно применяют для глубокой очистки и доочистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках если концентрация этих веществ в воде невелика и они биологически не разлагаются или являются сильнотоксичными. Верхний предел применения сорбционных методов 1000 мг/л, нижний предел применения 5 мг/л. Применение локальных установок считается целесообразным, если вещество хорошо адсорбируется при небольшом удельном расходе адсорбента, а концентрация загрязнителя приближается к верхнему пределу. Системы сорбционной доочистки работают при сравнительно низких концентрациях загрязнителя (до 100 мг/л), высокую допустимую линейную скорость стока и высокие коэффициенты распределения сорбата в сорбенте и растворе. Адсорбцию уже используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, ПАВ, красителей и др. на сооружениях физико-химической очистки и на ступенях доочистки сточных вод коммунальных очистных сооружений. Достоинством метода является высокая эффективность, возможность очистки сточных вод содержащих несколько веществ, а также рекуперации этих веществ. Ассортимент сорбентов за последнее время значительно обогатился. Имеются на

рынке самые разнообразные сорбенты. Адсорбционная очистка вод может быть регенеративной, извлечением вещества из адсорбента и его утилизацией. Она может быть деструктивной, при которой извлеченные из сточных вод вещества уничтожаются вместе с адсорбентом. Эффективность адсорбционной доочистки сточных вод достигает 80-95% и зависит от химической природы адсорбента, величины адсорбционной поверхности и ее доступности, от химического строения вещества и химической формы его нахождения в среде. В качестве сорбентов используют активные угли, синтетические сорбенты и некоторые отходы производства (золу, шлаки, опоки, опилки и др.). Минеральные сорбенты - глины, силикагели, алюмогели и гидроксиды металлов для адсорбции различных веществ из сточных вод используют сравнительно редко, так как энергия взаимодействия их с молекулами воды велика и иногда превышает энергию адсорбции.

### КАЧЕСТВО ВОДЫ МАЛЫХ РЕК ГОРОДА ПЕРМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**А.Б. Китаев**

*Пермский государственный  
университет  
Пермь, Россия*

Промышленные предприятия города ежегодно сбрасывает в Каму (в том числе и через малые реки) около 100 млн. м<sup>3</sup> сточных вод, половина из которых - загрязненные нефтепродуктами, фенолами, соединениями металлов. В таких условиях река не успевает самоочищаться, а качество воды не отвечает санитарным нормам. Химический состав рек определяется литологией пород, слагающих их водосборную

площадь, составом подземных вод, дренируемых долинами, и, прежде всего, составом и качеством поступающих в них коммунально-бытовых и промышленных вод.

Для воды р. Камы в районе г. Перми в естественном состоянии было характерно содержание разнообразных гидрохимических фаций. Это гидрокарбонатно-сульфатно-кальциевая (HCO<sub>3</sub>-SO<sub>4</sub>-Ca), гидрокарбонатно-кальциевохлоридная (HCO<sub>3</sub>-Ca-Cl), гидрокарбонатно-хлоридно-сульфатная (HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>), гидрокарбонатно-хлоридно-натриевая (HCO<sub>3</sub>-Cl-Na), гидрокарбонатно-хлоридно-кальциевая (HCO<sub>3</sub>-Cl-Ca) и даже сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевая (SO<sub>4</sub>-HCO<sub>3</sub>-Ca) гидрохимические фации. Минерализация составляет в паводок 83,6, а зимой и летом – 347-429 мг/л. Содержание растворенных веществ в мг/л летом и зимой изменяется в следующих пределах: HCO<sub>3</sub>-70-170; Ca-25-110; SO<sub>4</sub>-20-150; Cl-3-80; Na+K-3-66; Mg-2-13. Жесткость общая – 5-17,7°. Содержание растворенных веществ в мг/л в период весеннего половодья составляет: HCO<sub>3</sub> – 34; Ca – 16; SO<sub>4</sub> – 26; Cl – 3; Na+K – 4; Mg – 3. Жесткость общая – 2,95°. По величине минерализации р. Кама на рассматриваемом участке относится к рекам с водой средней минерализации (200 – 500 мг/л). Состав гидрохимической фации отражает генетические особенности водных масс.

Исследование проведенные кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов Пермского государственного университета показали, что в период 1997-2000 гг. на некоторых малых реках наблюдалось изменение основных фаций. В формировании химического состава воды очень значительную, если не основную роль, играли техногенные факторы, При этом повысилось содержание тех или иных растворенных веществ, увеличилась и