

ПИЛОТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОРИСТОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ КРУПНОЙ ВЗВЕСИ И ПЛАНКТОНА

Горб Ю.А. (*Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса*)

Описаны лабораторные исследования, дана схема пилотной установки и предварительные результаты ее работы.

Изменение качества воды в источниках - снижение мутности и возрастание цветности - связано с зарегулированием рек. В связи с этим возрастает актуальность предварительной подготовки воды и очистки от крупных взвешенных веществ и планктона. При больших концентрациях водорослей снижается фильтроцикл, увеличивается расход воды на промывку [1].

Крупную взвесь обычно удаляют барабанными сетками, а при содержании в исходной воде планктона более 1000 кл/мг, используются микрофильтры [2]. Микрофильтры и барабанные сетки имеют ряд существенных недостатков: высокая стоимость, металлоемкость, сложность в эксплуатации.

В работе [3] предложена новая конструкция для задержания крупной взвеси и планктона, базирующаяся на использовании пористого полимербетона. Здесь во входной камере вместо барабанных сеток или микрофильтров, монтируется сборный коллектор с распределяющей системой труб. Пористые полимербетонные трубы изготавливаются на месте или в специализированном участке и монтируются вертикально на распределительной системе.

Преимуществом такой конструкции возможность значительно увеличить площадь фильтрования, изменяя число, высоту или диаметр труб. При этом уменьшается скорость фильтрования, что способствует повышению эффекта очистки, либо уменьшить число входных камер, что существенно сокращает капиталовложения. Разработанная конструкция может быть использована, как в новом строительстве, так и при реконструкции действующих сооружений.

На первом этапе исследования проводились в лаборатории. Их целью было определение допустимой скорости фильтрования, интенсивности и продолжительности промывки, а также выбор крупности за-

полнителя. Были изготовлены образцы из кварцевого песка с крупностью заполнителя: №1 (0,25-0,5), №2 (0,5-1,5), №3 (1,5-3,0) мм [3].

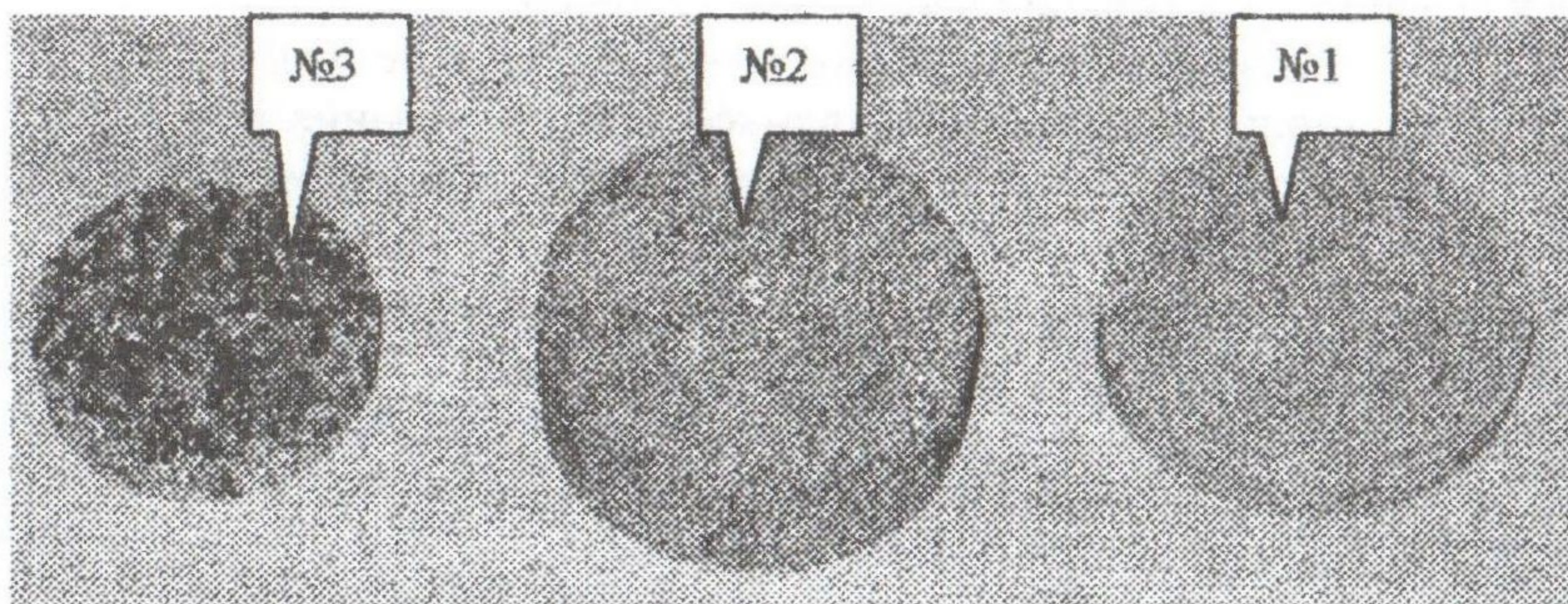


Рис. 1. Образцы полимербетона для лабораторных опытов

Для имитации планктона в лабораторных опытах использовался молотый кварцевый песок крупностью 20-40 мкм – такой диапазон частиц соответствует размеру ячеек сетки для микрофильтров. Первые эксперименты на чистой воде заключались в получении гидравлических характеристик образцов. Зависимость потерь напора от скорости фильтрации оказалась линейной. Образец №1 имел слишком большое гидравлическое сопротивление, и дальнейшая работа на нем была прекращена. Образцы №2 и №3 при скорости фильтрации $V=20-30$ м/ч показали небольшое сопротивление.

При выборе параметров промывки изменялась интенсивность и продолжительности промывки. Потери напора в образце во время промывки фиксировались через 30-60 с. По полученным данным были построены зависимости сопротивления образцов от времени. При интенсивности промывки $12 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$, сопротивление образца стабилизируется примерно через 2 мин.

Лабораторные опыты показали принципиальную возможность использовать пористый полимербетон для задержания крупной взвеси и планктона. При содержании частиц кварцевого песка более 1000 шт/мл потери напора в образце росли незначительно, а мутность после образца заметно снижалась.

Поскольку планктон в воде находится в виде крупных агрегатов, размеры которых большие, чем 20-40 мкм [1], то эффект задержания в натуральных условиях вероятно будет большим, чем в лабораторных опытах на молотом песке. Это может привести к резкому увеличению со-

противлений в пористой трубе. В связи с этим требуется проведение исследований на пилотной установке. Окончательный выбор режима эксплуатации предложенной конструкции может быть сделан после проведения исследований в натуральных условиях.

Проведение исследований запланировано на реке Южный Буг очистной станции города Южноукраинск. Для проведения исследований были изготовлены две пилотных установки с полимербетонными трубами с наполнителем крупностью 0,5-1,5 и 1,5-3,0 мм (рис.2).

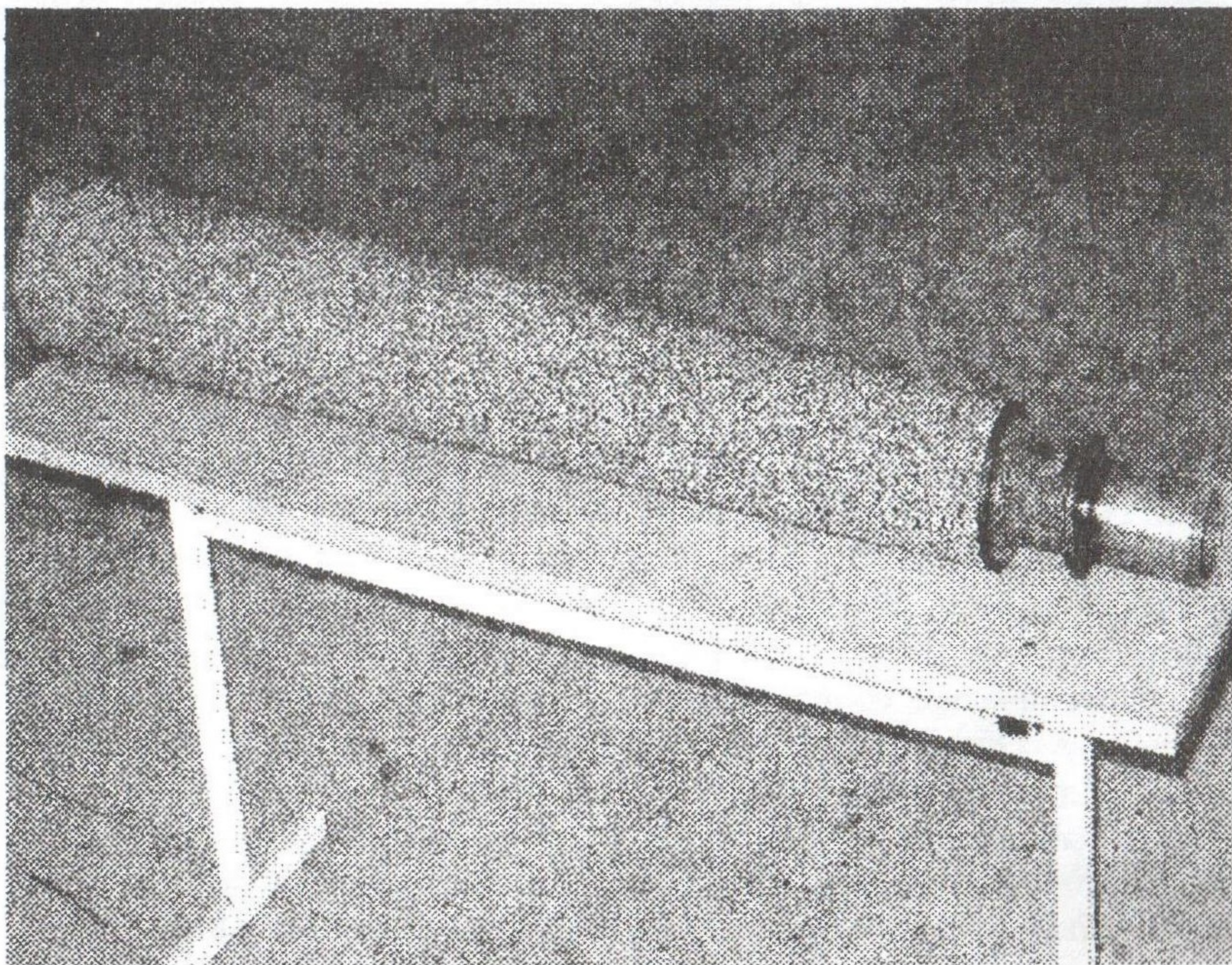


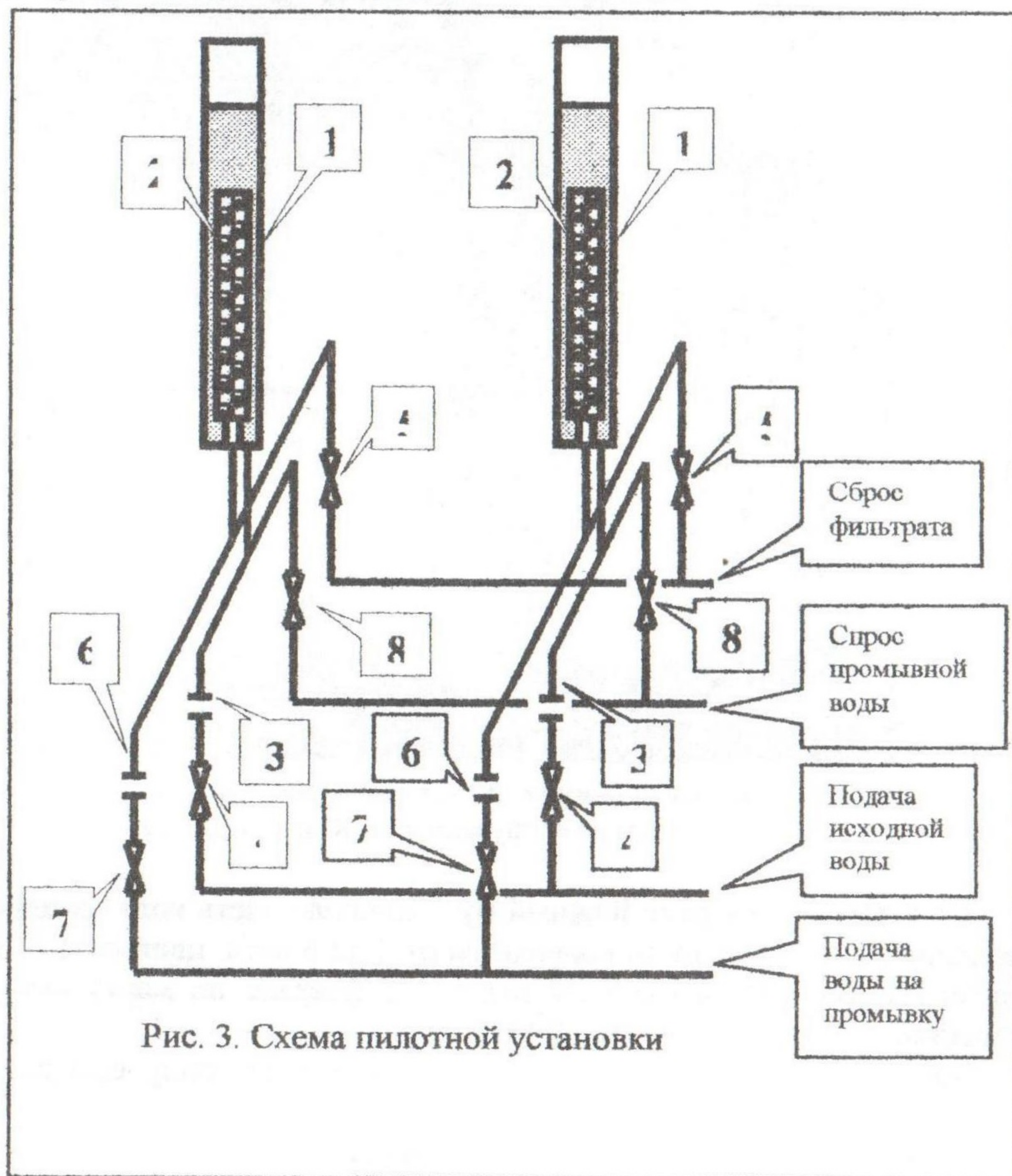
Рис. 2. Пористая труба для пилотной установки

Заполнитель смешивался с эпоксидной смолой марки ЭД-16, затем в заранее изготовленную опалубку, смазанную изнутри маслом, засыпалась смесь и тщательно утрамбовывалась, через сутки полимербетонная труба набирала достаточную прочность.

Исходная вода отбиралась из реки и поступала на пилотную установку (рис. 3,4). Вода подается в камеру 1, расход измеряется при помощи диафрагмы 3, краном 4 производится регулировка. Фильтрация происходит из корпуса установки внутрь пористой трубы 2 и отводится в канализацию. Промывная вода подается внутрь пористой тру-

бы, расход на промывку фиксируется диафрагмой 6, краном 7 регулируется интенсивность промывки. Загрязненная вода отводится по трубопроводу в канализацию, где расположен кран 8.

Пробоотборники и пьезометры на схеме условно не показаны. Пробы отбирались через каждые 3-4 часа, перед отбором проб фильтрата воду сбрасывали в течение 1 мин.



На пилотной установке фиксировались потери напора в пористой трубе, как в режиме фильтрования, так и при промывке. При достижении перепада напора в образцах около 150 см фильтрование останавливается, включается режим промывки. По полученным ранее лабораторным данным интенсивность промывки принята равной $V=12 \text{ л/с}\cdot\text{м}^2$,

продолжительность – 2 мин. Кроме того, в рабочий журнал заносятся дополнительные данные: мутность и цветность до и после образцов, температура, количество планктона.

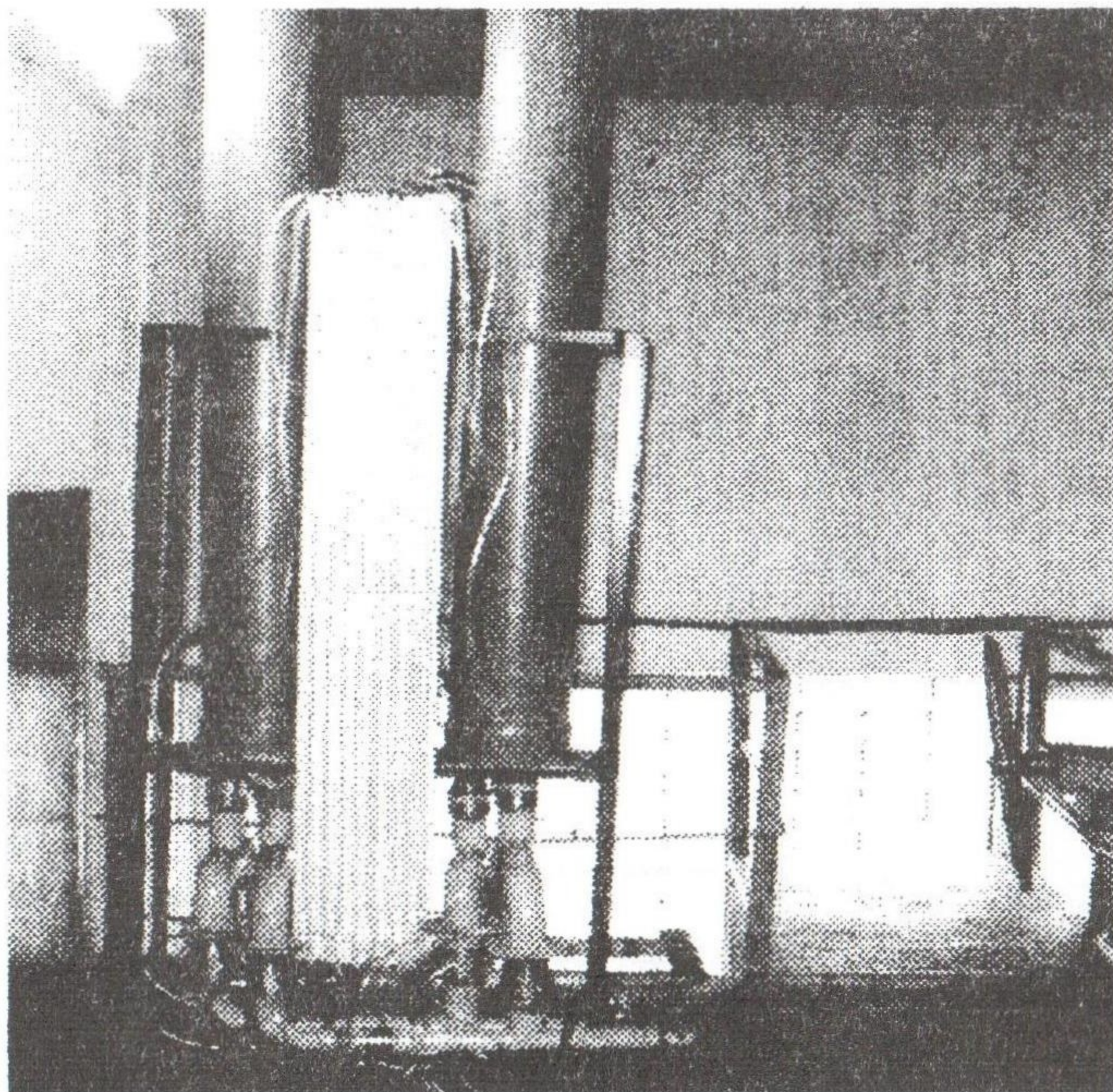


Рис. 4. Пилотная установка для исследования предварительной очистки воды на сооружениях г. Южноукраинска

Качество воды в реке Южный Буг большую часть года изменяется незначительно – мутность колеблется от 2 до 6 мг/л, цветность – от 40 до 50 градусов. В паводковый период (с февраля по март) мутность достигает 60 мг/л, цветность - 200 градусов.

После проведения пусконаладочных работ были получены данные, представленные на рисунках 5,6.

Потери напора определялись по формуле:

$$h = C_o \nu HV, \quad (1)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости воды; V - скорость фильтрования; C_o - коэффициент сопротивления чистого образца; H - толщина образца.

Следует отметить, что в формуле (1) зависимость потерь напора от скорости линейная, в отличие от исследований в [4], где была большая крупность заполнителя и более высокие числа Рейнольдса. В результате в [4] зависимость потерь напора от скорости имела вид $h \sim V^n$, где $n = 1.67$.

Коэффициент C в (1) определяется, в основном, крупностью заполнителя, пористостью полимербетона, которая, в свою очередь зависит от степени коагуляции полимербетона взвешенными частицами. В принципе степень коагуляции можно определять отношением потерь напора в данный момент времени к начальным потерям. Однако, поскольку эти потери зависят от скорости фильтрования, которая в процессе исследований изменяется, то более корректно использовать для оценки коагуляции отношение C/C_0 (относительное сопротивление), не зависящее ни от скорости, ни от вязкости воды (см.(1)).

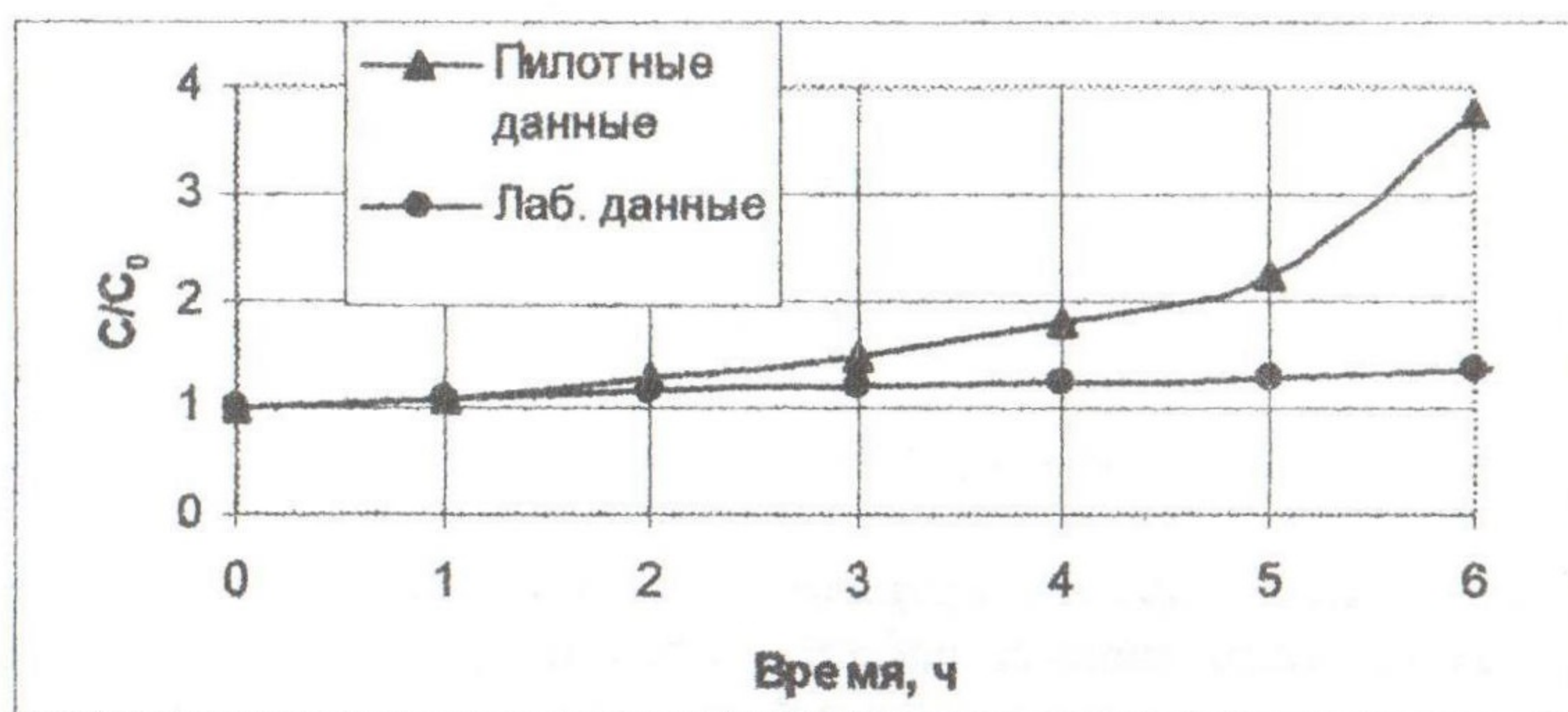


Рис. 5. Динамика относительного сопротивления образца (крупность заполнителя — 0,5-1,5 мм).

Сопротивление пористой трубы при крупности 0,5–1,5 мм резко возрастает по сравнению с лабораторными данными. Такое расхождение можно объяснить тем, что в лаборатории вода замутнялась искусственно приготовленной взвесью (молотый кварцевый песок с размерами 20-40 мкм) а при пилотных исследованиях в воде присутствовал планктон, который, возможно, при малой крупности заполнителя образывал на поверхности трубы пленку.

В образце с крупностью заполнителя 1,5-3,0 мм (рис.6.), кривые близки, так как размер пор больше, чем у трубы с заполнителем 0,5-1,5 мм. Мелкая же взвесь проходит через пористую стенку трубы.

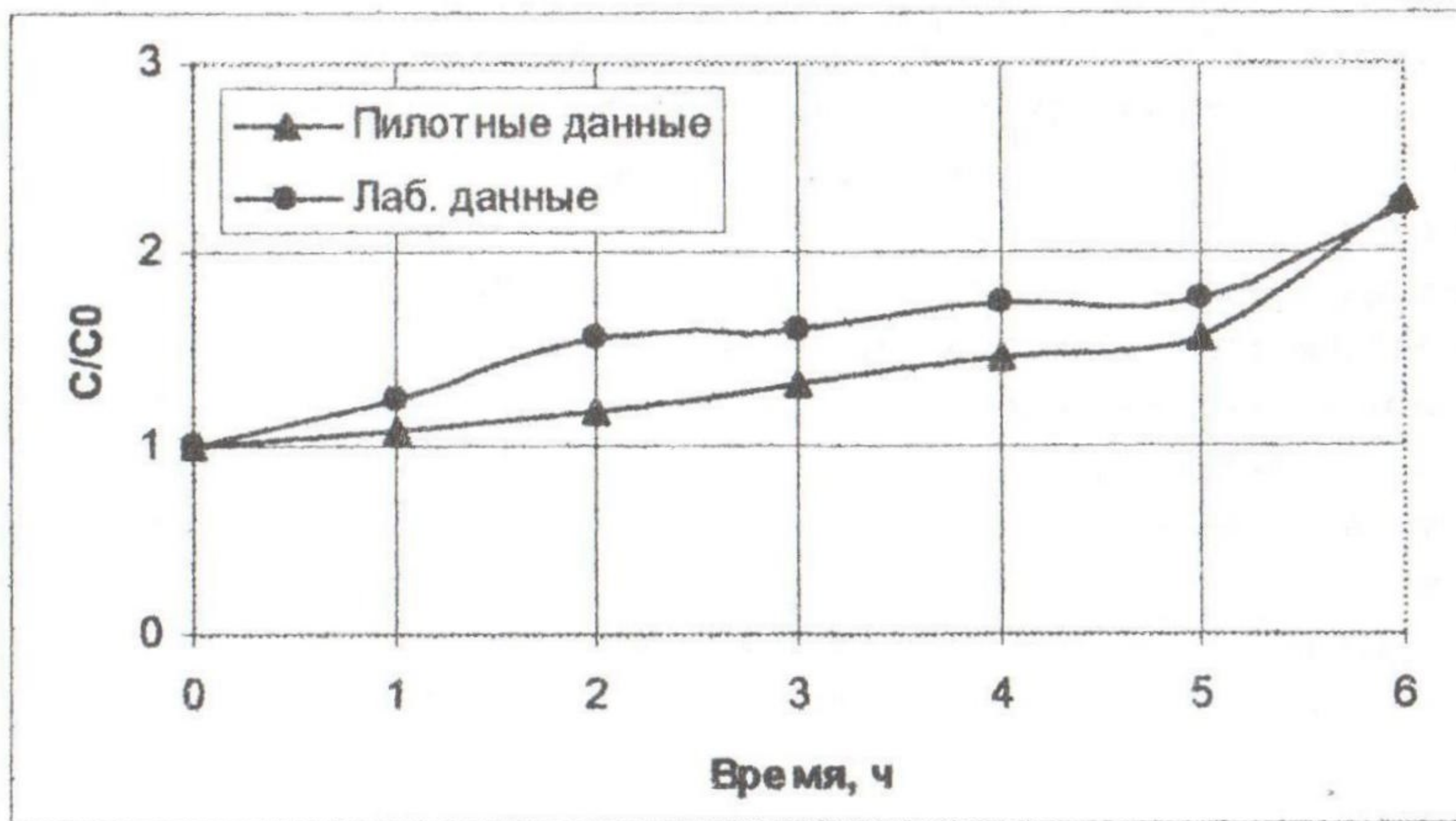


Рис. 6. Динамика относительного сопротивления образца (крупность заполнителя – 1,5–3,0 мм).

Относительное остаточное сопротивление после промывок с интенсивностью $V_{пр} = 4-5$ л/с·м² составило $C/C_0 = 3,2-6,8$. После увеличения интенсивности промывки $V_{пр} = 8-9$ л/с·м² оно снизилось до $C/C_0 = 1,94-2,2$.

Вывод. Таким образом, предварительные результаты исследований дают возможность оценить работу пористых труб и скорректировать методику дальнейших исследований. Для образца с крупностью заполнителя 0,5–1,5 мм необходимо либо увеличить интенсивность промывки, либо уменьшить скорость фильтрования, чтобы продлить фильтроцикл.

Литература

1. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. - К.: Наукова думка, 1980. - 564 с.
2. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. - М., 1985. - 130 с.
3. Грабовский П.А., Горб Ю.А. Пористая трубчатая конструкция для предварительной очистки воды / Вісник ОДАБА, №19, Одеса, – 2005, с. 119-124.
4. Грабовский П.А., Прогульный В.И. Математическая модель коагуляции и регенерации крупнопористых слоев малой толщины // Химия и технология воды, 1990, т.12, №6, - с.494-497.