

Рис. 1. Содержание Hg и Se в студенческих обедах.

- Kumpulainen J. Ch. 6. Intake of heavy metals: comparison of methods. Monitoring dietary intakes. Ed. Ian Macdonald. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, 117-125, 1991.
- Kvičala J. Selenium status and intake estimation by analyses of selenium indices of inhabitants in three regions of the Czech Republic. in Proceedings of the Technical Workshop on trace elements, natural antioxidants and contaminants ed. J.T. Kumpulainen, FAO UN, Rzym, 119-137, 1996.
- Langworth S., Elinder C.-G., Göthe C.-J., Vesterberg O. Biological monitoring of environmental and occupational exposure to mercury. Arch. Occup. Environ. Health, 161-167, 63, 1991.
- Levander O.A. Scientific rationale for the 1989 recommended allowance for selenium. J. Am. Diet Assoc., 91, 1572-1576, 1991.
- Ludwicki J.K., Wiadowska B. Rтeć w żywności. Rтeć w środowisku – problemy ekologiczne i metodyczne. Zeszyty Naukowe PAN, 4, 19-25, 1992.
- Marzec Z., Buliński R. Wartość odżywcza całodziennych racji pokarmowych odtwarzanych w kilku regionach kraju. Cz. VII. Ocena pobrania kobaltu, chromu, niklu i selenu. Roczn. PZH, 43, 135- 138, 1992.
- MZiOS. Zarządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie wykazu substancji dodatkowych dozwolonych i za nieczyszczeń technicznych w środkach spożywczych i używkach. Dz. Urz. R.P. Nr 22 p. 233, z dn. 31 marca 1993r.
- Nikonorow M., UrbaneK-Karłowska B. Toksykologia żywności. PZWL Warszawa, 367-374, 1987.
- Reilly C. Metal contamination of food. Elsevier Sci. Publ. Ltd. Ch.6 Mercury and cadmium 131-140, 1991.
- Reilly C. Selenium: A new entrant into functional food arena. Trends in Food Science & Technology, 9, 114-118, 1998.
- Schweinsberg F. Risk estimation of mercury intake from different sources. Toxicology Letters, 72, 345-351, 1994.
- Szteke B., Ręczajska W. Arsen i selen w żywności i paszach. Zesz. Nauk. PAN „Człowiek i Środowisko”, 8, 82-93, 1994.
- Tsuda T., Inoue T., Kojima M., Aoki S. Market basket and duplicate portion estimation of dietary intake of cadmium, mercury, arsenic, copper, manganese, and zinc by Japanese adults. J. AOAC Int., 78, 1363-1368, 1995.
- UNEP/GEMS The contamination of food. Mercury. Environmental Library No. 5, 22-24, 1992.
- Urieta I., Jalon M., Eguileor I. Food surveillance in the Basque Country (Spain). II. Estimation of the dietary intake of organochlorine pesticides, heavy metals, arsenic, aflatoxin M₁, iron and zinc through the Total Diet Study, 1990/1991. Food Addit. Contam., 13, 29-52, 1996.
- WHO. Trace elements in human nutrition and health. 6. Selenium. 105-122, 1996.

УДК 628.162.1

Житенёв Б.Н., Наумчик Г.О.

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ФИЛЬТРОВ С МЕМБРАННЫМ ПОДДЕРЖИВАЮЩИМ СЛОЕМ (ФМПС)

Конструкция фильтра обезжелезивания включает, наряду с фильтрующим слоем, поддерживающий слой, который чаще всего выполнен из щебня, крупностью 2...40 мм, и в котором расположен трубчатый дренаж. Высота поддерживающего

Наумчик Григорий Остапович, ассистент каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.
Беларусь, БГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

слоя из щебня составляет 0,5...0,6 м. Такой поддерживающий слой имеет большую массу, что требует строительства высокопрочных корпусов фильтров. Кроме того, такой слой обладает сравнительно большим гидравлическим сопротивлением. Укладка его трудно поддается механизации и поэтому связана с большими затратами ручного труда.

В последнее время в химической промышленности был создан ряд синтетических материалов, обладающих высокой пористостью, малым гидравлическим сопротивлением, прочностью и химической стойкостью.

Поддерживающий слой, выполненный в виде мембранного фильтра, например, из пористого полиэтилена, по ГОСТ 16337-77, лишен указанных недостатков. Данный материал имеет высокую пористость и малое гидравлическое сопротивление. В литературе отсутствуют данные по гидравлическим характеристикам с поддерживающим слоем из пористого полиэтилена.

В качестве загрузки мембранного фильтра использовался кварцевый песок из сравнительно недавно открытого месторождения кварцевого песка "Веснянка" в Логойском районе, Минской области. Кварцевый песок прошел гигиеническую регистрацию № Мл – 019829-0107. Был выполнен ситовой анализ, в результате которого был определен коэффициент неоднородности $K_n = d_{80}/d_{10} = 2,25/1,4 = 1,6$ и эквивалентный диаметр зерен кварцевого песка $d_{экв.} = 1,748$ мм. Следовательно, данный кварцевый песок удовлетворяет требованиям, предъявляемым СНиП 2.04.02-84., и может быть использован, например, в фильтрах обезжелезивания.

Были проведены исследования фильтров с поддерживающим слоем из пористого полиэтилена по ГОСТ 16337-77. Эксперименты проводились в 2 этапа. На первом этапе исследовались гидравлические характеристики ФМПС в режиме фильтрования, а на втором этапе – в режиме промывки. Опыты проводились на установке, общий вид которой представлен на рис. 1.



Рис. 1. Общий вид экспериментальной установки.

Экспериментальная установка представляла собой модель скорого безнапорного фильтра, на рис. 2 показана схема ее работы при фильтровании.

Вода подавалась в верхнюю часть фильтра, проходила через фильтрующий и поддерживающий слои, а затем отводилась в канализацию. В верхней части фильтра была устроена переливная труба, для отвода излишка воды. Таким образом, процесс фильтрации происходил при постоянном уровне. К нижней части фильтра был присоединен пьезометр, по показанию которого определялись потери напора при промывке. Расход воды, поступившей на промывку фильтра, отводился по переливной трубе и замерялся объемным способом. При прохождении воды снизу вверх происходило расширение и промывка зерен фильтрующей загрузки, а при изменении интенсивности промывки изменяется высота расширения. Относительное расширение определялось по формуле:

$$e = \frac{h_{np} - h}{h} \cdot 100, \%$$

занимая которого определялись потери напора при фильтровании. Расход воды, прошедшей через фильтр, замерялся объемным способом. Скорость фильтрования рассчитывалась по формуле:

$$v = \frac{Q}{f} \cdot 3600, \text{ м/ч}$$

Q - расход фильтрата, м³/с;

f - площадь поперечного сечения фильтра, м².

Была проведена серия экспериментов, в которых определялись потери напора при различных скоростях фильтрования. В первой серии опытов в фильтре был только поддерживающий слой из пористого полиэтилена. Во второй серии опытов на поддерживающий слой фильтра был загружен слой кварцевого песка, высотой 200 мм. В каждой последующей серии опытов увеличивали высоту фильтрующего слоя на 200 мм и таким образом, дошли до высоты слоя 1200 мм. Затем были построены графики зависимости потерь напора от скорости фильтрования для каждой серии опытов. Результаты экспериментов приведены на рис. 3.

Проведенные исследования (рис.3) показали, что поддерживающий слой, выполненный в виде мембранного фильтра из пористого полиэтилена по ГОСТ 16337-77, обладает малым гидравлическим сопротивлением даже при больших скоростях фильтрования. Так, при скорости до 10 м/ч потери напора не превышали 5...7 см., с увеличением скорости фильтрования до 30 м/ч потери увеличились до 7...10 см. Наибольшее сопротивление фильтрованию оказывает фильтрующая загрузка. Существует степенная зависимость между скоростью фильтрования и потерями напора. Были установлены зависимости потерь напора от скорости фильтрования для различных высот фильтрующего слоя. Чем больше высота этого слоя, тем зависимость потерь напора от скорости фильтрования становится более "крутой". Так, потери напора в мембранном поддерживающем слое подчиняются зависимости:

$$y = 1,0478 \cdot x^{0,5708}, \text{ см}$$

Потери в ФМПС при высоте фильтрующей загрузки 0,8 м; 1,0 м и 1,2 м соответственно подчиняются зависимостям:

$$y = 0,7629 \cdot x^{1,1549}, \text{ см}$$

$$y = 0,4502 \cdot x^{1,364}, \text{ см}$$

$$y = 1,0936 \cdot x^{1,183}, \text{ см}$$

x - скорость фильтрования, м/ч;

y - потери напора, см.

На рис. 4 показана схема работы экспериментальной установки при промывке.

Вода подавалась в нижнюю часть фильтра, откуда поднималась вверх через поддерживающий и фильтрующий слои, а затем отводилась из верхней части с помощью переливной трубы. К нижней части фильтра был присоединен пьезометр, по показаниям которого определялись потери напора при промывке. Расход воды, поступившей на промывку фильтра, отводился по переливной трубе и замерялся объемным способом. При прохождении воды снизу вверх происходило расширение и промывка зерен фильтрующей загрузки, а при изменении интенсивности промывки изменяется высота расширения. Относительное расширение определялось по формуле:

h_{np} - высота фильтрующего слоя при промывке, см;

h - высота фильтрующего слоя до промывки, см.

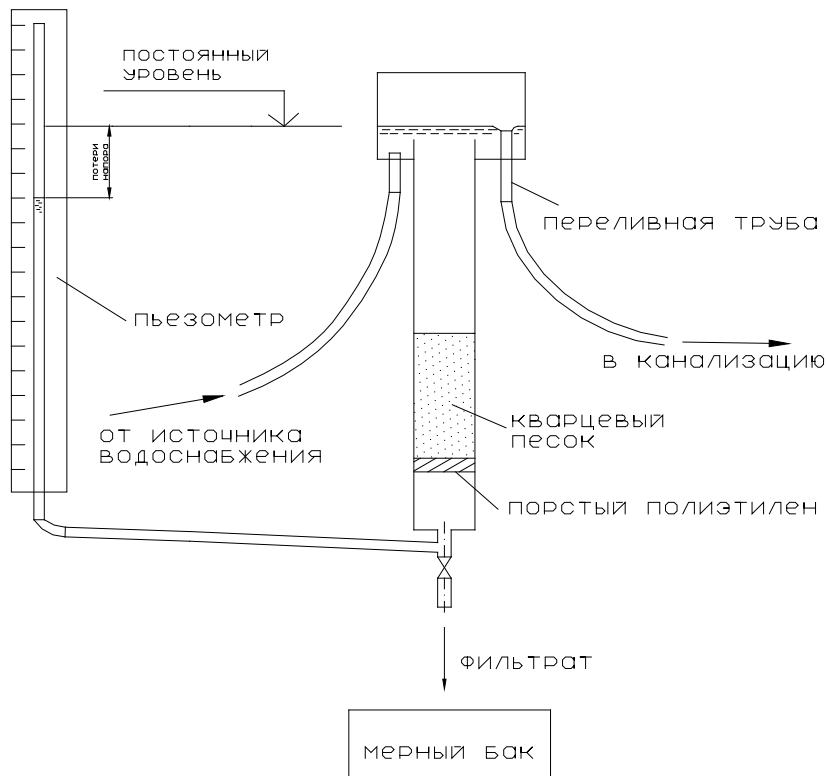


Рис. 2. Схема работы экспериментальной установки при фильтрации воды.

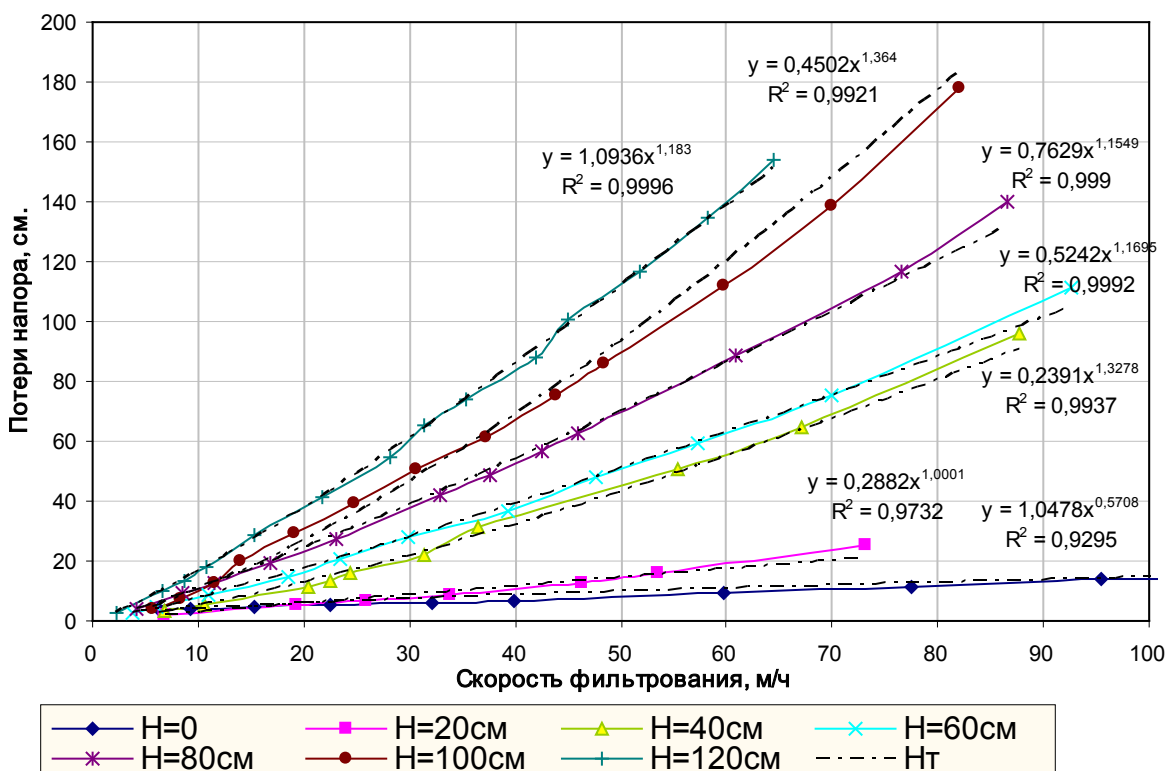


Рис. 3. Графики зависимости потери напора от скорости фильтрования при различных высотах фильтрующего слоя.

Была проведена серия экспериментов. В первой серии опытов в фильтре был поддерживающий слой из пористого полиэтилена и на поддерживающий слой фильтра был загружен слой кварцевого песка, высотой 200мм. В каждой последующей се-

рии опытов увеличивали высоту слоя кварцевого песка на 200мм и таким образом, дошли до высоты слоя кварцевого песка 1200мм. Интенсивность промывки определялась по формуле:

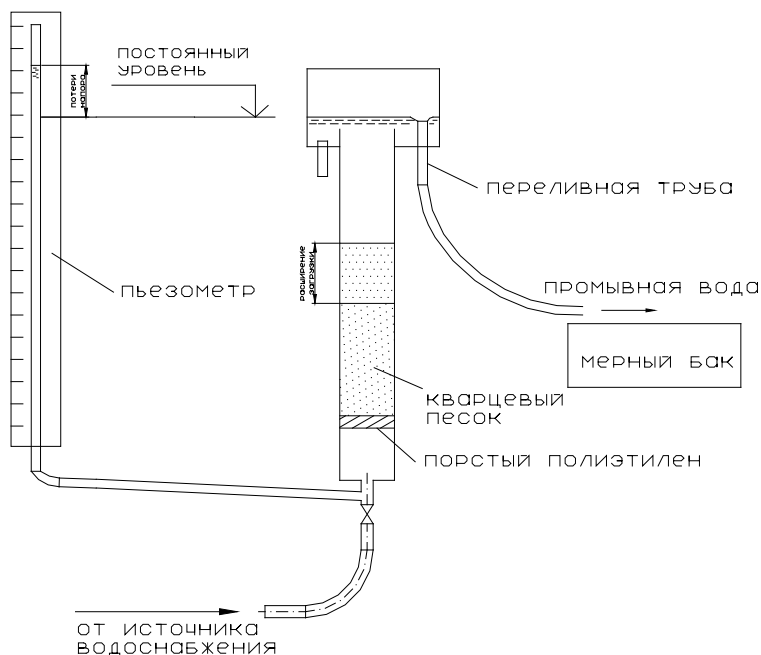


Рис. 4. Схема работы экспериментальной установки при промывке.

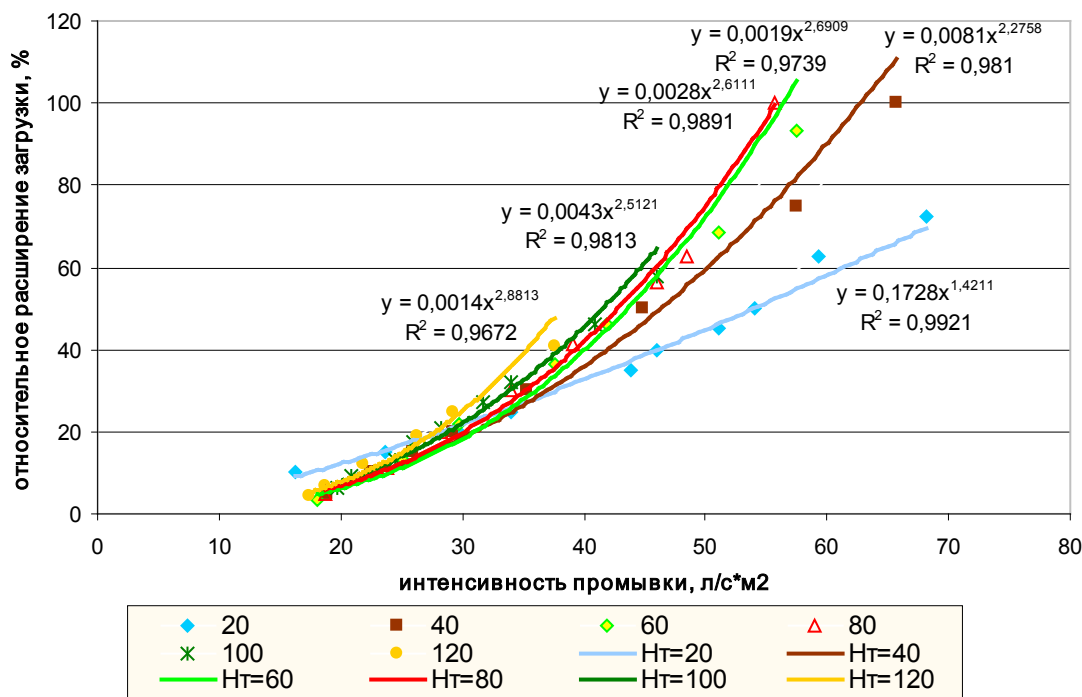


Рис. 5. Аналитические зависимости относительного расширения загрузки от интенсивности промывки при различных высотах промываемого слоя.

$$w = \frac{Q}{f}, \text{ л/с} \cdot \text{м}^2$$

Q - расход фильтрата, л/с;

f - площадь поперечного сечения фильтра, м².

Получены аналитические зависимости относительного расширения загрузки от интенсивности промывки для различных высот фильтрующего слоя. Эти зависимости показаны на рис. 5.

Были получены зависимости относительного расширения от интенсивности подачи промывной воды (рис. 6) для различных высот загрузки и установлено, что чем больше высота промываемого слоя, тем меньшая интенсивность промывки требуется для получения требуемого относительного расширения. Так, при промывке ФМПС с высотой загрузки 0,8м; 1,0м и 1,2м соответственно имеют место следующие зависимости:

$$y = 0,0028 \cdot x^{2,6111};$$

$$y = 0,0043 \cdot x^{2,5121};$$

$$y = 0,0014 \cdot x^{2,8813};$$

x – интенсивность промывки, л/с·м²;

y – относительное расширение загрузки, %.

В соответствии со СНиП 2.04.03-84. при промывке фильтров, относительное расширение загрузки должно составлять 20%. Согласно проведенным исследованиям (рис. 5), для загрузки высотой 1,0м. и 1,2м., рекомендуемая интенсивность промывки соответственно 30 и 28 л/с·м². Гидравлические характеристики, полученные в этой работе, могут быть использованы при проектировании скорых безнапорных фильтров, загруженных отечественным кварцевым песком и оборудованных поддерживающим слоем из пористого полиэтилена, т.к. данных о таких фильтрах нет в литературе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СНиП 2.04.02-84 "Водоснабжение. Наружные сети."—М.: Стройиздат, 1985г.—135с.
2. Николадзе Г.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод.— М.: Стройиздат,1978.—161с.
3. Г.И. Николадзе. Технология очистки природных вод.— М.: Стройиздат,1980.—180с.
4. Кульский. Л.А. Строкач. П.П. Технология очистки природных вод.—Киев: "Вища школа", 1986.—352с.
5. В.Л. Драгинский. Л.П. Алексеева. Очистка подземных вод от соединений железа, марганца и органических загрязнений // Водоснабжение и сан. техника.—1997.— № 12.— С. 16-19.
6. М.А. Шевченко. В.В. Лизунов. Технология обработки воды.— Киев: "Будивельник", 1981.—116с.