

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА СОРБЦИИ КРАСИТЕЛЕЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ВСПУЧЕННОМ ПЕРЛИТЕ

С.Ю. Котикян

Национальный политехнический университет Армении

Проведены исследования для установления сорбционной способности модифицированного глауконитом Гарнийского района РА вспученного перлита марки ВПМ (вспученный перлит мелкий) и ВПК (вспученный перлит крупный) по очистке модельного раствора, содержащего красители кристаллического фиолетового (КФ) на лабораторном насыпном фильтре. Определены оптимальные технические показатели данных модифицированных фильтроматериалов – расход очищаемой воды в единицу времени, гидравлическое сопротивление в слое сорбента, а также влияние температурного режима на процесс фильтрования.

Установлено, что степень очистки изменяется в зависимости от удельного расхода воды. На основе экспериментальных данных установлено, что при применении мелких фракций (2...5 мм) вспученного перлита (сорбент I) степень извлечения КФ составляет 96%, в то время как при применении модифицированных крупных фракций (5...15 мм) (сорбент II) - 70,67%. Выявлено, что использование указанных сорбентов позволяет снизить содержание КФ в модельной воде соответственно до 0,30 и 2,20 мг/л при их исходном содержании 7,50 мг/л. Показано, что при удельных расходах 6...7 м³/м²·ч загрязненная красителем КФ вода проходит через слой сорбента в ламинарном режиме. Установлено также, что гидравлическое сопротивление слоя сорбента по мере возрастания удельного расхода загрязненной воды возрастает. Показано, что при понижении температуры модельной воды значительно повышается эффективность обесцвечивания. Наибольшая эффективность очистки наблюдается при 20 °С.

Ключевые слова: глауконит, краситель, вспученный перлит, сорбция.

Введение. На современном этапе проблема глубокой очистки вод, загрязненных красителями, остается актуальной для стоков практически всех текстильных красительно-отделочных фабрик. Оценивая современное состояние и тенденции путей развития водоочистки, можно констатировать, что одной из важнейших задач охраны окружающей среды является разработка эффективного и экономичного способа глубокой очистки сточных вод от красителей.

В настоящее время среди различных методов очистки стоков от красителей большое распространение получает сорбционный метод. С этой целью в качестве сорбента наряду с активными углями и синтетическими ионообменниками используются и природные сорбенты [1,2].

При использовании таких высокодисперсных веществ в качестве сорбентов возникают сложности, вызванные тем, что после завершения процесса сорбции отделить сорбент от очищенного раствора не всегда возможно. Это относится в первую очередь к сорбентам, которые в очищаемых водных растворах набухают, частицы расслаиваются, и сорбент превращается в гелеобразную массу [3].

Выход из указанной ситуации может быть найден, если глинистые агрегаты будут укреплены таким образом (например, термическим способом), чтобы они не разрушались в водных растворах и при этом сохраняли свои сорбционные свойства. Поэтому эффективно в технологии очистки воды от красителей использовать сорбенты, модифицированные глинами. Можно предположить, что термическим способом модифицированный глауконитом вспученный перлит должен быть достаточно эффективным сорбентом для извлечения красителей из водных растворов.

Процесс фильтрования определяется множеством технологических параметров, и, в первую очередь, свойствами фильтрующего материала и фильтруемой среды, гидравлическими режимами процесса и температурой [4].

Целью данной работы является определение оптимальных технических характеристик - расхода очищаемой воды от красителя КФ в единицу времени, гидравлического сопротивления слоя сорбентов I и II, а также влияния температурного режима на процесс фильтрации.

Экспериментальная часть. Испытания модифицированного вспученного перлита различных фракций проводились на лабораторном насыпном фильтре, схема которого показана на рисунке. Испытуемый сорбент помещался между латунными сетками стеклянного адсорбера. Сетки насаживались на центральный стержень из латуни и закреплялись в узле. Между напорным сосудом и адсорбером был установлен моностат – открытый сверху цилиндр из стекла для замера гидравлического сопротивления сорбента, контроля и установления расхода воды.

Загрузку адсорбера производили сверху. По мере заполнения промежутка между сетками в адсорбер при помощи стержня опускали насадку. Разборку адсорбера и удаления слоя адсорбента выполняли в обратном порядке.

Модельную сточную воду готовили растворением точной навески КФ в дистиллированной воде. Концентрацию модельных растворов определяли перед экспериментом спектрофотометрическим методом. Учитывая, что эффективность сорбционной очистки от красителя максимальна при $pH=1,5 \dots 7,0$, кислотность модельных вод поддерживали в указанном диапазоне. Фильтрование воды, содержащей КФ проводили в следующем порядке: открывали воду на адсорбер, устанавливали расход воды и уровень по моностату и при заданных параметрах снизу пропускали воду через насадку, сверху собирали очищенную воду и анализировали на содержание красителя спектрофотометрическим методом.

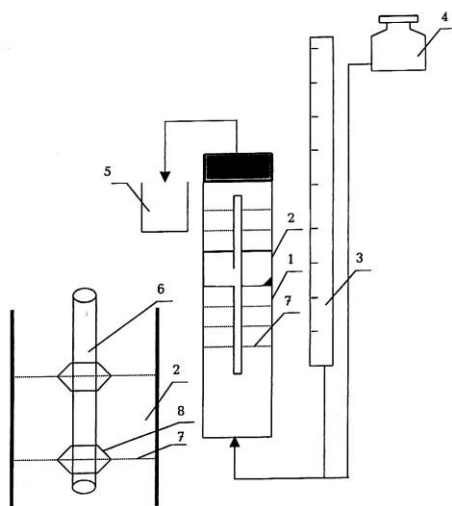


Рис. Схема лабораторного насыпного фильтра:

1- адсорбер; 2 - слой сорбента; 3 - индикатор давления; 4 - напорный сосуд;
очищенной воды; 6 - стержень из латуни; 7 - сетка латунная;

5 - приемник
8 - крепление сетки на стержень

Условия экспериментов:

Диаметр адсорбера, мм

44.7

Латунные сетки с числом сплетений на $см^2$, шт.

36

Суммарная высота слоя сорбента, мм	115
Содержание КФ в модельной воде, мг/л	7,5
Температура воды, °C	20
pH воды	~3,0...4,0
Площадь внутреннего сечения адсорбера, см ²	15,68
Удельный расход воды, м ³ /м ² ·ч	1,5...7,0

Определение удельного расхода воды. Изучение процесса фильтрования модельных растворов через слой сорбентов I и II показало, что степень очистки изменяется в зависимости от удельного расхода воды. При этом немаловажную роль играет фракционный состав фильтрующей загрузки. Объемную скорость модельной сточной воды, измеренную в мл/с, пересчитывали на объемный расход V , м³/с, или на удельный расход, измеряемый в м³/м²·ч. Данные, полученные в этой серии экспериментов, приводятся в табл. 1. Как видно из полученных данных, при применении сорбента I степень извлечения красителя КФ выше. Так, после фильтрования через слой сорбента I содержание красителя в очищенной воде уложилось в интервал 0,1...0,3 мг/л, в то время как для сорбента II соответствующий показатель очистки колеблется в пределах 1,1... 2,2 мг/л при тех же удельных расходах воды вплоть до 7 м³/м²·ч. Степень очистки при этом составляет соответственно $(7,5-0,3)/7,5=0,96$ (96 %) и $(7,5-2,2)/7,5=0,7067$ (70,67%) при высоте слоя 115 мм.

Таблица 1

Показатели качества очищенной воды при разных удельных расходах
модельной сточной воды

№ опыта	Удельный расход воды, м ³ /м ² ·час	Содержание красителя КФ в очищенной воде, мг/л	
		Сорбент I	Сорбент II
1	1,5	0,10	1,10
2	1,8	0,12	1,14
3	2,0	0,15	1,16
4	2,5	0,18	1,18
5	3,5	0,20	1,19
6	4,5	0,22	1,20
7	5,5	0,24	1,28
8	6,0	0,26	1,40
9	6,4	0,28	1,66
10	7,0	0,30	2,2

Причины постепенного улучшения процесса очистки заключаются в следующем. Процесс очистки воды, содержащей краситель, основан на адгезии диспергированного и адсорбции растворенного красителя поверхностью сорбентов I и II.

Механизм сорбции красителя из воды на глинистом минерале достаточно сложен и включает ван-дер-ваальсовы взаимодействия углеводородных цепочек с развитой поверхностью микрокристаллов силикатов и кулоновского взаимодействия заряженных и поляризованных молекул сорбата с положительно заряженными участками поверхности сорбента. Анализ пористой

структуры глауконита показал, что его можно отнести к разряду микропористых сорбентов. Наличие в нем большого объема микропор и предопределяет использование глауконита для сорбции таких крупномолекулярных загрязнений, какими являются красители [1,5].

Определение гидравлического сопротивления слоя сорбентов I и II. Измерения гидравлического сопротивления слоя сорбентов показали, что по мере возрастания удельного расхода загрязненной воды оно возрастает. Результаты измерений приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели гидравлического сопротивления фильтрующей массы при различных расходах модельной сточной воды

Удельный расход воды, $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{час}$	Сопротивление, мм. вод. ст.	
	Сорбент I	Сорбент II
6,4	320	317
5,75	230	220
4,79	220	212
3,83	140	121
2,3	100	94

Расчет средних скоростей воды в сечении полого (W_1) и заполненного с сорбентом I (W_2) адсорбера проводился по формуле

$$W = \frac{4V}{\pi D^2},$$

где V - расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$, полученный пересчетом объемной скорости модельной сточной воды (25 мл за 8 с); $V=3,12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$; D - диаметр фильтра, м, приведен ниже:

$$W_1 = \frac{4 \cdot 3,12 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,044^2} = 1,99 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}, \quad W_2 = \frac{4 \cdot 3,12 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 0,044^2 \cdot 0,2} = 9,95 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}.$$

Критерии Рейнольдса, характеризующие гидродинамические режимы потоков в полом (Re_1) и заполненном (Re_2) аппарате при $V=3,12 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с}$, соответственно, будут равны

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,99 \cdot 10^{-3} \cdot 0,044 \cdot 10^3}{10^{-3}} = 88,5;$$

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot D \cdot \rho}{\mu} = \frac{9,95 \cdot 10^{-3} \cdot 0,044 \cdot 10^3}{10^{-3}} = 444,8,$$

где μ - динамический коэффициент вязкости воды при $t = 20^\circ \text{C}$ ($10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$); ρ - плотность жидкости, 10^3 кг/м^3 . Как показывают расчеты, при указанных удельных расходах вода проходит через слой в ламинарном режиме ($Re < 2300$).

Определение влияния температурного режима на процесс фильтрования. Изучение влияния температуры модельной воды на процесс фильтрования показало, что при понижении температуры значительно повышается эффективность удаления красителя. Установлено, что при удельном расходе $6,40 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$, температуре воды 60°C и исходной концентрации КФ в модельной

воде 7,5 мг/л степень очистки на сорбентах I и II составила, соответственно, 90,44 и 39,70%, в то время, как при температуре 20°C — 95,59 и 72,06 %.

На основании полученных данных можно утверждать, что при удельных расходах модельной воды до $\sim 7 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{час}$ и температуре 20°C снижение концентрации красителя в фильтрате до 0,3...0,1 мг/л может быть достигнуто путем увеличения времени контакта загрязненной воды с сорбентом или создания условия интенсивного перемешивания общего слоя фильтроматериала, т.е. уменьшения высоты слоя.

Выводы

Проведены исследования по очистке модельных вод, содержащих КФ, фильтрацией на слое сорбентов I и II на лабораторном насыпном фильтре.

1. Установлено, что использование указанных сорбентов позволяет снизить их содержание КФ в модельной воде, соответственно, до 0,30 и 2,20 мг/л при их исходном содержании 7,50 мг/л.
2. Выявлено, что при удельных расходах $6...7 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$ загрязненная красителем КФ вода проходит через слой сорбента в ламинарном режиме.
3. Показано, что на процесс фильтрования оказывает влияние температура очищаемой воды. Наибольшая эффективность очистки наблюдается при 20 °C.

Литература

1. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды.- М.: Химия, 1982 - 168с.
2. Тарасевич Ю.И. Физико-химические основы и технологии применения природных и модифицированных сорбентов в процессе очистки воды // Химия и технология воды. – 1998. – Т.20. - С.42-51.
3. Тарасевич Ю.И., Овчаренко Ф.Д. Адсорбция на глинистых материалах. - Киев: Наукова думка, 1975. – 325 с.
4. Водоподготовка. Процессы и аппараты /Под ред. О.И Мартыновой. – М.: Атомиздат, 1977. - 352 с.
5. Машников И.В. Водоснабжение и водоотведение на льноперерабатывающих предприятиях// Рос.Хим.ж. (Ж. рос. Хим. об-ва им Д.И. Менделеева). - 2002. - Т.XLVI, N 2. - С.82.

*Поступила в редакцию 14.09.2017.
Принята к опубликованию 12.12.2017.*

ՄՈՂԻՖԻԿԱՑՎԱԾ ՓԵՅՑՎԱԾ ՊԵՌԼԻՏՈՎ ՆԵՐԿԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՍՈՐԲՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՅԻ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ԲՆՈՒԹԱԳՐԵՐԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա.Յու.Կոտիկյան

Կատարվել են մոդելային լուծույթներից բյուրեղային մանուշակագույն (ԲՄ) ներկանյութի մաքրման նպատակով լաբորատոր լցվածքավոր ֆիլտրով ՀՀ Գառնու մարզի գլաուկոնիտով մոդիֆիկացված ՓՊՄ (փքեցված պեռլիտ մանր) և ՓՊԽ (փքեցված պեռլիտ խոշոր) մակնիշների փքեցված պեռլիտի սորբման ունակության որոշման հետազոտություններ: Որոշվել են տվյալ մոդիֆիկացված ֆիլտրանյութերի օպտիմալ տեխնիկական բնութագրերը՝ մաքրվող ջրի ծախսը միավոր ժամանակում, հիդրավիկական դիմադրությունը սորբենտի շերտում, ինչպես նաև ջերմաստիճանային ռեժիմի ազդեցությունը ֆիլտրման գործընթացի վրա:

Հաստատված է, որ մաքրման աստիճանը, կախված ջրի տեսակարար ծախսից, փոփոխվում է: Փորձնական տվյալների հիման վրա որոշվել է, որ փքեցված պեռլիտը մանր չափաքանակներով (2...5 մմ) (սորբենտ I) կիրառելու դեպքում ԲՄ-ի կորզման աստիճանը կազմում է 96%, իսկ մոդիֆիկացված խոշոր չափաքանակների (5...15 մմ) (սորբենտ II) դեպքում՝ 70,67%: Ցույց է տրված, որ նշված սորբենտների օգտագործումը թույլ է տալիս

նվազեցնել ԲՄ-ի պարունակությունը մոդելային ջրում համապատասխանաբար մինչև 0,30 և 2,20 մգ/լ՝ դրանց սկզբնական 7,50 մգ/լ պարունակության համեմատ: Ցույց է տրված, որ ԲՄ ներկանյութով աղտոտված ջուրը 6...7 մ³/մ²·ժ տեսակարար ծախսով անցնում է լամինար ռեժիմով սորբենտի շերտի միջով: Հաստատվել է նաև, որ սորբենտի շերտի հիդրավիկական դիմադրությունը աղտոտված ջրի տեսակարար ծախսի մեծացմանը զուգընթաց մեծանում է:

Ցույց է տրված, որ մոդելային ջրի ջերմաստիճանի իջեցման դեպքում զգալիորեն մեծանում է գունազրկման արդյունավետությունը: Առավելագույն արդյունավետությունը դիտվում է 20 °C ջերմաստիճանում:

Առանցքային բաներ. գլաուկոնիտ, ներկանյութ, փքեցված պեռլիտ, սորբում:

INVESTIGATING TECHNOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE SORPTION PROCESS OF DYES ON A MODIFIED EXPANDED PEARLITE

S.Yu. Kotikyan

Studies to determine the sorption capacity of the modified by glauconite Garni district RA expanded perlite brand EPF (expanded perlite fine) and EPL (expanded perlite large) for the purification of a model solution, containing the dyes of crystal violet (CV) at the laboratory bulk filter. The optimal technical parameters of these modified filter materials – the flow rate of purified water per unit time, the hydraulic resistance in the sorbent layer, as well as the influence of temperature on the filtration process are determined.

It was found that the degree of purification varies, depending on the specific water flow. On the basis of experimental data, it was found that in the application of small fractions (2...5 mm) of expanded perlite (sorbent I), the degree of extraction of CV is 96%, while in the application of modified large fractions (5...15 mm) (sorbent II) the degree of extraction is 70.67%. It was found that the use of these sorbents allows to reduce the content of CV in the model water to 0.30 and 2.20 mg/l, respectively, with their initial content of 7.50 mg/l, respectively.

It is shown that at specific consumption of 6 ... 7 m³ / m² · h, the water contaminated with the CV dye passes through the sorbent layer in the laminar regime. It is also established that the hydraulic resistance of the sorbent layer increases with the increase of the specific consumption of contaminated water.

It is shown that when the temperature of the model water decreases, the efficiency of discoloration increases significantly. The highest cleaning efficiency is observed at 20 °C.

Keywords: glauconite, dye, expanded perlite, sorption.