



УДК 628.543:621-50

doi:10.23968/2305-3488.2017.20.2.50–59

**Варданян М. А.**

**ГИДРОФОБИЗАЦИЯ ВСПУЧЕННОГО ПЕРЛИТА  
СИНТЕТИЧЕСКИМИ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ И  
ИЗУЧЕНИЕ ЕГО СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ**

UDC 628.543:621-50

doi:10.23968/2305-3488.2017.20.2.51–60

**Vardanyan M. A.**

**WATERPROOFING OF EXPANDED PERLITE SYNTHETIC  
POLYMERIC MATERIALS UNDER STUDY AND ITS SORPTION  
PROPERTIES**

**Аннотация**

В настоящее время для удаления из воды нефти и нефтепродуктов применяются различные методы: механические, физико-химические, химические, биохимические. Из физико-химических методов большой интерес представляет адсорбция, которая имеет высокую эффективность и при многоступенчатой организации процесса способна обеспечить удаление 99,9% нефтепродуктов. В качестве сорбентов используются как природные (хлопок, торф, опилки, древесные стружки, солома, глина, перлит и др.), так и искусственные и синтетические материалы на основе вискозы, гидратцеллюлозы, синтетических волокон, термопластических материалов, пенополиуретана и др. Для гидрофобизации сорбентов применяются парафин, кремнийорганические

**Abstract**

Currently, the removal of water from crude oil and petroleum products are applied once-private methods: mechanical, physical-chemical, chemical, biochemical. From the physico-chemical methods of high adsorption per cent, which is highly effective and the organization is able to provide multi-process, to remove 99.9% of mineral oil.

As sorbents are used as natural (cotton, peat, sawdust, wood chips, straw, clay, perlite, etc.) As well as artificial and synthetic materials based on viscose, rayon, synthetic fibers, thermoplastic materials, polyurethane and others. For hydrophobization sorbents used paraffin, silicone compounds, polyethylene glycol monoalkyl ethers, and other macromolecular compounds.

соединения, моноалкиловые эфиры полиэтиленгликоля, высокомолекулярные соединения и др. Обработка материалов гидрофобизаторами осуществляется погружением в растворы или расплавы последних, распылением на поверхности и т. п. Сам гидрофобизатор должен обладать хорошей адгезией к материалу, равномерно распределяясь и полностью покрывая его, не вымываясь при эксплуатации и не растворяясь в нефтепродуктах.

В данной работе с целью снижения водопоглощения вспученного перлита исследованы возможности гидрофобизации его поверхности синтетическими полимерными материалами: поливинилацетатом и поливинилхлоридом. Установлены оптимальные параметры процесса модифицирования вспученного перлита вышеуказанными соединениями. Показано, что использование активатора поверхности – монохлорамина-ХБ позволяет проводить процесс гидрофобизации при температуре 20 °С. Выявлено, что на количество фиксированного на поверхности вспученного перлита полимера оказывают влияние продолжительность обработки, содержание растворов активатора и модификатора. Изучены сорбционные свойства модифицированных перлитов. Показано, что гидрофобизация вспученного перлита синтетическими полимерными материалами – поливинилацетатом и поливинилхлоридом – позволяет повысить его сорбционную способность по отношению к нефтепродуктам, в среднем, на 20–40% в статических и 8–20% в динамических условиях. При этом более высокие значения нефтеемкости проявляют образцы вспученного перлита, гидрофобизованные поливинилацетатом.

Processing hydrophobizing materials carried by immersion in solutions or melts of the latter, by spraying on the surface, etc. The very water-repellent agent should have good adhesion to the material is evenly distributed and completely covering it, not washed out during operation and is not soluble in petroleum products.

In this paper, in order to reduce the water absorption of expanded perlite research HN capabilities hydrophobic surface synthetic polymeric materials: polyvinyl acetate and polyvinyl chloride. The optimal parameters of the process of modification-ry expanded perlite foregoing. So far, it is shown that the use of the surface activator – monochloramine-CB allows process hydrophobic temperature at 20 °C. It was found that the number of fixed on the surface of expanded perlite polymer influence the duration of treatment, the content of the activator solution and modifier.

The sorption properties of modified perlite were studied. It is shown that the hydrophobization of expanded perlite with synthetic polymeric materials – polyvinyl acetate and polyvinyl chloride can increase its sorption capacity with respect to petroleum products, on average, 20-40% and 8-20% static and dynamic conditions. At the same time higher oil intensity values exhibit samples of expanded perlite, hydrophobized polyvinyl acetate.

**Keywords:** expanded perlite, water absorption, waterproofing, polyvinyl chloride, polyvinyl acetate, oil intensity.



---

**Ключевые слова:** вспученный перлит, водопоглощение, гидрофобизация, по-ливинилхлорид, поливинилацетат, нефтеемкость.

### **Автор**

#### **Варданян Маргарит Андраниковна**

кандидат технических наук, доцент  
доцент кафедры экологии, безопасности жизнедеятельности и химии  
ФГБОУ ВО «Братский государственный университет»  
665709, Иркутская область, г. Братск,  
ул. Макаренко, 40  
Тел.: (8–9353) 41–06–83  
Эл. адрес: margarit-vardanyan@yandex.ru

### **Author**

#### **Vardanyan Margarit Andranikovna**

Candidate of technical science, associate professor of the Department of Ecology, Life Safety and Chemistry  
Bratsk State University  
665709, Irkutsk Region, Bratsk, ul. Makarenko, 40  
Tel.: (код 8–9353) 41-06-83  
E-mail: margarit-vardanyan@yandex.ru

### **Введение**

В настоящее время известен широкий спектр сорбентов, используемых для удаления из воды нефти и нефтепродуктов как при ликвидации аварийных разливов, так и при очистке нефтесодержащих стоков. Однако указанные сорбенты не всегда удовлетворяют предъявляемым требованиям – они имеют высокую стоимость, труднодоступны, обладают большой селективностью, тонут вместе с поглощенной нефтью, не поддаются биоразложению и др. Природные материалы имеют ряд достоинств – доступны, дешевы, нетоксичны, поэтому рационально могут быть использованы в качестве сырья для получения сорбентов нефтепродуктов [1, 3–6, 10–15]. Одним из таких материалов является вспученный перлит [3], получаемый обжигом природного силиката – перлита в специальных печах.

### **Предмет, задачи, методы**

Известно, что реакционная способность, капиллярные, тепловые, адгезионные и сорбционные характеристики вспученного перлита зависят от физико-химических свойств его поверхности. Эти свойства в значительной мере могут быть изменены путем изменения, например, режима теплового воздействия при вспучивании. Основным вспучивающим агентом является вода; она присутствует в перлите двух формах: молекулярно связанной (кристаллизационной) и конституционно связанной воды (гидроксильные группы). В процессе вспучивания перлита при нагревании до 600 °С удаляется основная часть молекулярно связанной воды

и гидроксильных групп. Повышение температуры до 900–1100 °С не влияет на оставшуюся во вспученном перлите часть гидроксильных групп [1].

Высокое содержание на поверхности вспученного перлита гидроксильных групп, валентно связанных с атомами кремния и алюминия обуславливает особенно-сти его взаимодействия с водой. Взаимодействие поверхностных гидроксильных групп между собой приводит к образованию водородных связей. Одновременно каждая ОН– группа может быть связана с ассоциированными молекулами воды. Схематично это выглядит так:

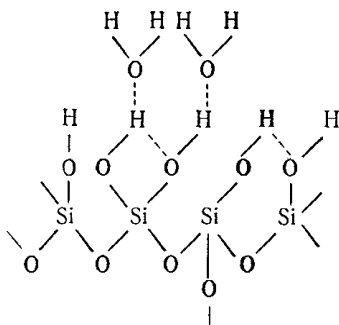


Рис. 1. Примерная схема строения поверхности вспученного перлита

Удельная поверхность вспученного перлита составляет по воде – 1,33 м<sup>2</sup>/г; по бензолу – 2,42 м<sup>2</sup>/г [9].

Высокая гидрофильность вспученного перлита – фактор отрицательный, т. к. ухудшает его нефтепоглощительные свойства. Предполагается, что изменить свойства вспученного перлита можно путем его модифицирования органическими и неорганическими соединениями так, чтобы пористая структура материала осталась прежней, а природа поверхности изменилась, стала гидрофобной, за счет закрепления на ее активных центрах модификатора.

С целью снижения водопоглощения нами проведено модифицирование вспученного перлита синтетическими полимерными материалами – поливинилацетатом (ПВА) и поливинилхлоридом (ПВХ). Условия модифицирования синтетическими полимерными материалами были выбраны таким образом, чтобы закрепить молекулы полимеров на поверхности вспученного перлита. В качестве активатора поверхности была выбрана натриевая соль хлорамида парахлорбензолсульфокислоты (моноклорамин-ХБ), которая применялась нами в виде раствора в этилацетате, а полимерные модификаторы – в виде растворов в бинарной смеси растворителей (циклогексанон-толуол, в соотношении 1:3). Температура сушки образцов выбрана исходя из температуры испарения растворителей и термостойкости применяемых модификаторов.

Модифицирование вспученного перлита проводили в следующей последовательности:



- обработка раствором активатора;
- пропитка раствором модификатора;
- сушка (удаление растворителя) обработанного материала.

Оптимальные параметры процесса модифицирования вспученного перлита вышеуказанными полимерными соединениями устанавливались экспериментальным путем. Образцы вспученного перлита помещали в мерные колбы объемом 250 мл, добавляли растворы активатора с концентрациями 2–8%, перемешивали однократно и далее выдерживали при комнатной температуре в течение времени  $t_1$ . Затем твердую фазу отделяли и помещали в мерные колбы объемом 500 мл с растворами модификатора с концентрациями 1–9 % и выдерживали при комнатной температуре в течение времени  $t_2$ . Далее твердую фазу отделяли и сушили в фарфоровых чашах сначала на воздухе, а далее в сушильном шкафу до постоянного веса при температуре 70 °С.

Строение аппретирующих покрытий устанавливалось ИК-спектрами, снятыми на спектрофотометре SPECORD-75 в диапазоне частот 400–4000 см<sup>-1</sup>, прессовкой модифицированных образцов с KBr [2, 12]. ИК-спектры немодифицированного вспученного перлита характеризуются полосами поглощения при 470 (Si–O), 820 (ОН-группы), 1000–1200 (Si–O–Si) и 3400–3600 (адсорбированная вода) см<sup>-1</sup> [3]. Фиксация модифицирующих веществ на поверхности вспученного перлита характеризуется на ИК-спектрах появлением новых полос поглощения при 1700 (C=O), 1050 (C–O–C), 710 (C–Cl) и 780 (ОН-группы) см<sup>-1</sup> [4]. Смещение полосы поглощения структурносвязанных гидроксильных групп на 40 см<sup>-1</sup> в более низкочастотную область спектра является доказательством взаимодействия вспученного перлита с полимерным модификатором. Также было установлено, что полученные покрытия устойчивы и не смываются водой.

Важной характеристикой полученных сорбентов является количество полимерного вещества на поверхности минеральной матрицы. Экспериментальным путем установлено, что увеличение концентрации раствора гидрофобизатора сопровождается увеличением количества фиксированного на поверхности ВП полимерного вещества, при этом важное значение имеет концентрация первичного модифицирующего агента – монохлорамина-ХБ. Как показали результаты исследований, максимальное количество модифицирующих веществ фиксируется на поверхности вспученного перлита при его обработке в течение одной минуты 2% раствором монохлорамина-ХБ.

Также установлено, что для фиксирования на поверхности вспученного перлита максимального количества поливинилацетата и поливинилхлорида достаточна его обработка растворами соответствующих модификаторов в течение 10 минут. Оптимальный расход раствора модификатора на единицу массы вспученного перлита устанавливали следующим образом: отдельные фракции вспученного перлита насыпали в делительные воронки и, перемешивая, обрабатывали растворами модификатора с различными концентрациями в количестве от 50 до 500% массы сорбента, после чего сливали гидрофобизирующий раствор и материал сушили. Температура сушки определяется температурой испарения растворителей и

термостойкостью применяемых гидрофобизаторов и не должна превышать 70 °С. Полученные покрытия обладают устойчивостью и не смываются водой.

Объемно-насыпную массу гидрофобизованных образцов определяли по ГОСТ 10832-83. Анализ результатов определений показал, что увеличение объемно-насыпной массы происходит по мере увеличения количества модификатора. Известно, что значительное увеличение объемно-насыпной массы при модифицировании отрицательно сказывается на поглотительной способности вспученного перлита по отношению к нефтепродуктам [14]. Оптимальным можно считать такой избыток растворов модификаторов, при котором изменение объемно-насыпной массы не превышает 2%.

Согласно полученным данным, при модифицировании вспученного перлита поливинилхлоридом и поливинилацетатом оптимальным является 150%-ый избыток их растворов с концентрацией 1...3% [5].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Степень изменения сорбционных свойств вспученного перлита после гидрофобизации синтетическими полимерными материалами оценивалась с помощью адсорбции воды и масла в статических условиях [4]. Нефте- и водопоглощение модифицированных и немодифицированных образцов определяли весовым методом [7, 13]. В качестве нефтепродукта было использовано компрессорное масло с кинематической вязкостью 14 сСт. Результаты исследований приведены в табл. 1. Сравнительный анализ полученных данных показывает, что модифицирование вспученного перлита вышеуказанными материалами снижает его водопоглощение. Так, например, если водопоглощение немодифицированных образцов мелкой 2...5 мм фракции уже через 10 минут после погружения в воду составляет 52%, то водопоглощение образцов, модифицированных 3%-ым раствором ПВА составляет 18%, т. е. оно почти в 3 раза ниже. При модифицировании образцов вспученного перлита крупной 5...15 мм фракции тем же раствором наблюдается снижение водопоглощения только в 1,5 раз. Очевидно, это является следствием того, что в более крупные поры и межзерновые пустоты вода проникает легче, чем в более мелкие поры и межзерновые пустоты.

В дальнейшем, с увеличением времени пребывания этих образцов в воде их водопоглощение возрастает, однако даже через 24 часа водопоглощение модифицированных образцов значительно ниже, чем у немодифицированных. По-видимому, образующийся на частице перлита слой модификатора ориентирован таким образом, что его радикалы располагаются снаружи, придавая поверхности сорбента водоотталкивающие свойства. И как следствие, у всех модифицированных образцов наблюдается повышение нефтеемкости, при этом немаловажную роль играет природа модификатора. Так, модификация ПВХ способствует повышению нефтепоглотительной способности в 1,2...1,3 раза, а модификация ПВА – в 1,3...1,4 раза.

Испытания модифицированного раствором ПВА вспученного перлита в динамиче-



Таблица 1. Влияние модификации поверхности вспученного перлита на его водо- и нефтепогло-  
тельные способности

Размер фракции, мм	Модификатор	С, %	Водопоглощение, вес %							Нефтеемкость, г/г	
			10 мин	30 мин	1ч	3ч	6ч	12ч	24ч		
смесь фракций 2-5	без обра- ботки	–	52	58	70	79	96	102	110	0,40	
	поливи- нил-хлорид	1	30	40	48	59	67	81	94	0,50	
		2	20	31	45	58	61	70	75	0,53	
		3	26	33	47	66	70	76	80	0,51	
	поливинил-а- цетат	1	27	35	45	58	67	78	82	0,54	
		2	20	36	43	48	59	63	68	0,56	
		3	18	26	33	40	47	59	66	0,58	
	смесь фракций 5-15	без обра- ботки	–	81	95	110	136	164	179	187	0,39
		поливинил-хлорид	1	72	85	99	109	123	135	155	0,41
2			67	78	90	97	111	124	132	0,49	
3			70	79	94	100	117	128	133	0,45	
поливинил-ацетат		1	65	71	83	99	120	137	145	0,42	
		2	60	69	80	94	106	121	124	0,50	
		3	58	65	75	87	99	116	120	0,52	

ских условиях проводили на натуральных сточных водах с содержанием 70...75 мг/л нефтепродуктов и водородным показателем рН=7,0 на лабораторной установке по методике, описанной в [6].

Условия экспериментов

Размеры фракций сорбентов, мм	2...5	5...15
Масса сорбентов, г	1,5	1,5
Скорость подачи воды, л/час	3,0	3,0
Температура	20	20
Суммарная высота слоя сорбента, мм	115	115
Содержание нефтепродукта в сточной воде, мг/л	75,9	72,4

Содержание нефтепродуктов в фильтрате контролировали гравиметрическим и фотоколориметрическим методами [8]. Результаты приведены на рис. 1.

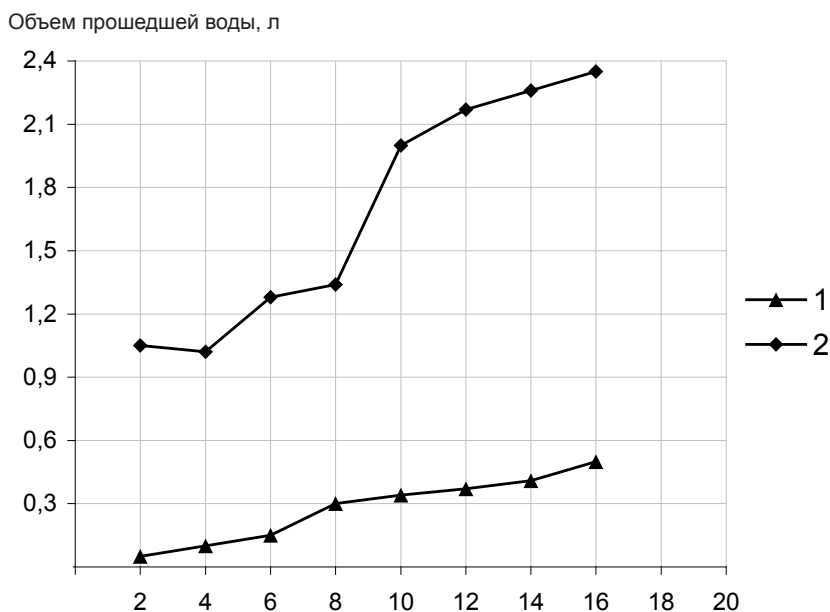


Рис.1. Зависимость содержания нефтепродуктов в очищенной воде от объема отфильтрованной воды. Сорбент – модифицированный вспученный перлит фракции: 1–2...5 мм; 2–5...15 мм





Согласно полученным данным до проскока нефтепродуктов в фильтрат через слой модифицированного сорбента было отфильтровано 8,57 и 10 л загрязненной воды.

Так, масса нефтепродуктов, поглощенных смесью мелких фракций, будет равна:  $(75,9-0,3) \cdot 8,57 = 648$  мг или 0,648 г. Тогда нефтеемкость модифицированного сорбента составит:  $0,648 : 1,5 = 0,43$  г/г. Аналогичным образом определена динамическая нефтеемкость сорбента смеси крупных фракций 5...15 мм. Она составила 0,47 г/г  $[(72,4-2,0) \cdot 10,0 = 704$  мг или 0,704 г;  $0,704 : 1,5 = 0,47$  г/г]. Те же значения нефтеемкостей получены взвешиванием отработанных сорбентов после сушки.

## Выводы

Таким образом, модифицирование вспученного перлита синтетическими полимерными материалами – поливинилацетатом и поливинилхлоридом позволяет повысить его сорбционную способность по отношению к нефтепродуктам в среднем на 20–40% в статических и 8–20% динамических условиях. При этом более высокие значения нефтеемкости проявляют образцы вспученного перлита, модифицированные поливинилацетатом.

## Литература

1. Андрюшин, А. И. (2009). *Технологические модели очистки сточных вод от плавающих, эмульгированных и растворенных жиров*, канд. техн. наук. Щелково, 169 с.
2. Беллами, Л. (1963). *Инфракрасные спектры сложных молекул*. М. Наука, 185 с.
3. Варданян, М. А. (2001). *Очистка нефтесодержащих сточных вод сорбционным методом на вспученном перлите и разработка технологии*, канд. техн. наук. Ереван, 144 с.
4. Варданян, М. А. (2014). «Очистка нефтесодержащих вод в насыщенном фильтре на слое вспученного перлита», *Вода и экология: проблемы и решения*, №4, сс. 40–48.
5. Варданян, М. А., Вардерсян, Г. Ц., Минасян, А. Ш., Тагмазян, К. Ц. (2000). «Получение модифицированного вспученного перлита и исследование его маслопоглощительной способности», *Информационные технологии и управление*, №1, сс.178-180.
6. Картамыш, С. В., Перфильев, А. В., Юдаков, А. А., Суховеров, С. В. (2010). «Применение гидрофобизированных адсорбентов для очистки поверхностных сточных вод от нефтепродуктов», *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, т. 12, №1 (5), сс.1226–1231.
7. Крупа, А. А. (1988). *Комплексная переработка и использование перлитов*. Киев.: Наукова думка, 120 с.
8. Лурье, Ю. Ю., Рыбникова, А. И. (1974). *Химический анализ производственных сточных вод*. М.: Химия, 334 с.
9. Сидоров, А. Н. (1956). «Исследование свойств поверхности пористых стекол методом ИК-спектроскопии», *Журнал физической химии*, т. 30, №5, сс. 995–997.
10. Сироткина, Е. Е., Новоселова, Л. Ю. (2005). «Материалы для адсорбционной очистки воды от нефти и нефтепродуктов», *Химия в интересах устойчивого развития*, №13, сс. 359–379.
11. Стрелетов, И. Н., Москвичева, Е. В. (2006). Использование сорбентов на основе отходов полимерных материалов для очистки сточных вод от нефтяных загрязнений, *Интернет-вестник ВолГАСУ*. №1, доступно по: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/strepetov.pdf>
12. Тарасевич, В. Н. (2012). *ИК спектры основных классов органических соединений*. Москва, 54 с.
13. Тарасевич, Ю. И. (1981). *Природные сорбенты в процессах очистки воды*. Киев.: Наукова думка, 207 с.

14. Тарасевич, Ю. И., Крупа, А. А., Безорудько, О. В. (1981). «Технология производства олеофильного адсорбента на основе вспученного перлита для очистки воды от нефти», *Химия и технология воды*, т. 3, №2, сс. 23–25.
15. Юдаков, А. А., Зубец, В. Н. (1998). *Теория и практика получения и применения гидрофобных материалов*. Владивосток: Дальнаука, 182 с.

### References

1. Andryushin, A. I. (2009). *Tekhnologicheskie modeli ochistki stochnyh vod ot plavayushchih, ehmul'girovannyh i rastvorenyh zhirov* [Technological models of wastewater treatment from floating, emulsified and dissolved fats], kand. tekhn. nauk. Shchelkovo, 169 p. (In Russian).
2. Bellami, L. (1963). *Infrakrasnye spektry slozhnyh molekul* [Infrared spectra of complex molecules]. M., Nauka, 185 p. (In Russian).
3. Vardanyan, M. A. (2001). *Ochistka neftesoderzhashchih stochnyh vod sorbcionnym metodom na vspuchennom perlite i razrabotka tekhnologii* [Purification of oily waste water by sorption method on expanded perlite and development of technology], kand. tekhn. nauk. Erevan, 144 p. (In Russian).
4. Vardanyan, M. A. (2014). «Ochistka neftesoderzhashchih vod v nasypnom fil'tre na sloe vspuchennogo perlita» [Purification of oily waters in a bulk filter on a layer of expanded perlite]. *Voda i ehkologiya: problemy i resheniya*, №4, pp. 40–48. (In Russian).
5. Vardanyan, M. A., Varderesyan, G. C., Minasyan, A. Sh., Tagmazyan, K. C. (2000). «Poluchenie modifitsirovannogo vspuchennogo perlita i issledovanie ego maslopoglotitel'noj sposobnosti» [Preparation of modified expanded perlite and investigation of its oil absorption capacity], *Informacionnye tekhnologii i upravlenie*, №1, pp.178–180. (In Russian).
6. Kartamysh, S. V., Perfil'ev, A. V., Yudakov, A. A., Suhoverov, S. V. (2010). «Primenenie gidrofobizirovannyh adsorbentov dlya ochistki poverhnostnyh stochnykh vod ot nefteproduktov» [The use of hydrophobized adsorbents for the treatment of surface sewage from oil products], *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, t.12, №1 (5), pp. 1226–1231. (In Russian).
7. Krupa, A. A. (1988). *Kompleksnaya pererabotka i ispol'zovanie perlitov* [Complex processing and use of perlites], Kiev: Naukova dumka, 120 p. (In Russian).
8. Lure, Yu. Yu., Rybnikova, A. I. (1974). *Himicheskij analiz proizvodstvennyh stochnyh vod* [Chemical analysis of industrial wastewater]. M.: Himiya, 334 p. (In Russian).
9. Sidorov, A. N. (1956). «Issledovanie svojstv poverhnosti poristykh stekol metodom IK-spektroskopii» [Investigation of surface properties of porous glasses by IR spectroscopy], *Zhurnal fizicheskoy himii*, T. 30, №5, pp. 995–997. (In Russian).
10. Sirotkina, E. E., Novoselova, L. Yu. (2005). «Materialy dlya adsorbicijnoj ochistki vody ot nefti i nefteproduktov» [Materials for adsorption treatment of water from oil and petroleum products], *Himiya v interesah ustojchivogo razvitiya*, №13, 359 p. (In Russian).
11. Strepetov, I. N., Moskvicheva, E. V. (2006). «Iskol'zovanie sorbentov na osnove othodov polimernyh materialov dlya ochistki stochnyh vod ot neftyanyh zagrya-znenij» [Use of sorbents on the basis of waste polymeric materials for sewage treatment from oil pollution], *Internet-vestnik VolGASU*, №1, available at: <http://vestnik.vgasu.ru/attachments/strepetov.pdf> (In Russian).
12. Tarasevich, V. N. (2012). *IK-spektry osnovnyh klassov organicheskikh soedinenij* [IR-spectra of the main classes of organic compounds]. M.: MGU, 54 p. (In Russian).
13. Tarasevich, Yu. I. (1981). *Prirodnye sorbenty v processah ochistki vody* [Natural sorbents in water purification processes], Kiev: Naukova dumka, 207 p. (In Russian).
14. Tarasevich, Yu. I., Krupa, A. A., Bezorud'ko, O. V. (1981). *Tekhnologiya proizvodstva oleofil'nogo adsorbenta na osnove vspuchennogo perlita dlya ochistki vody ot nefti* [Technology of production of oleophilic adsorbent based on expanded perlite for water purification from oil], *Himiya i tekhnologiya vody*, т. 3, №2, pp.23–25. (In Russian).
15. Yudakov, A. A., Zubec, V. N. (1998). *Teoriya i praktika polucheniya i primeniya gidrofobnyh materialov* [Theory and practice of obtaining and using hydrophobic materials]. Vladivostok: Dal'-nauka, 182 p. (In Russian).