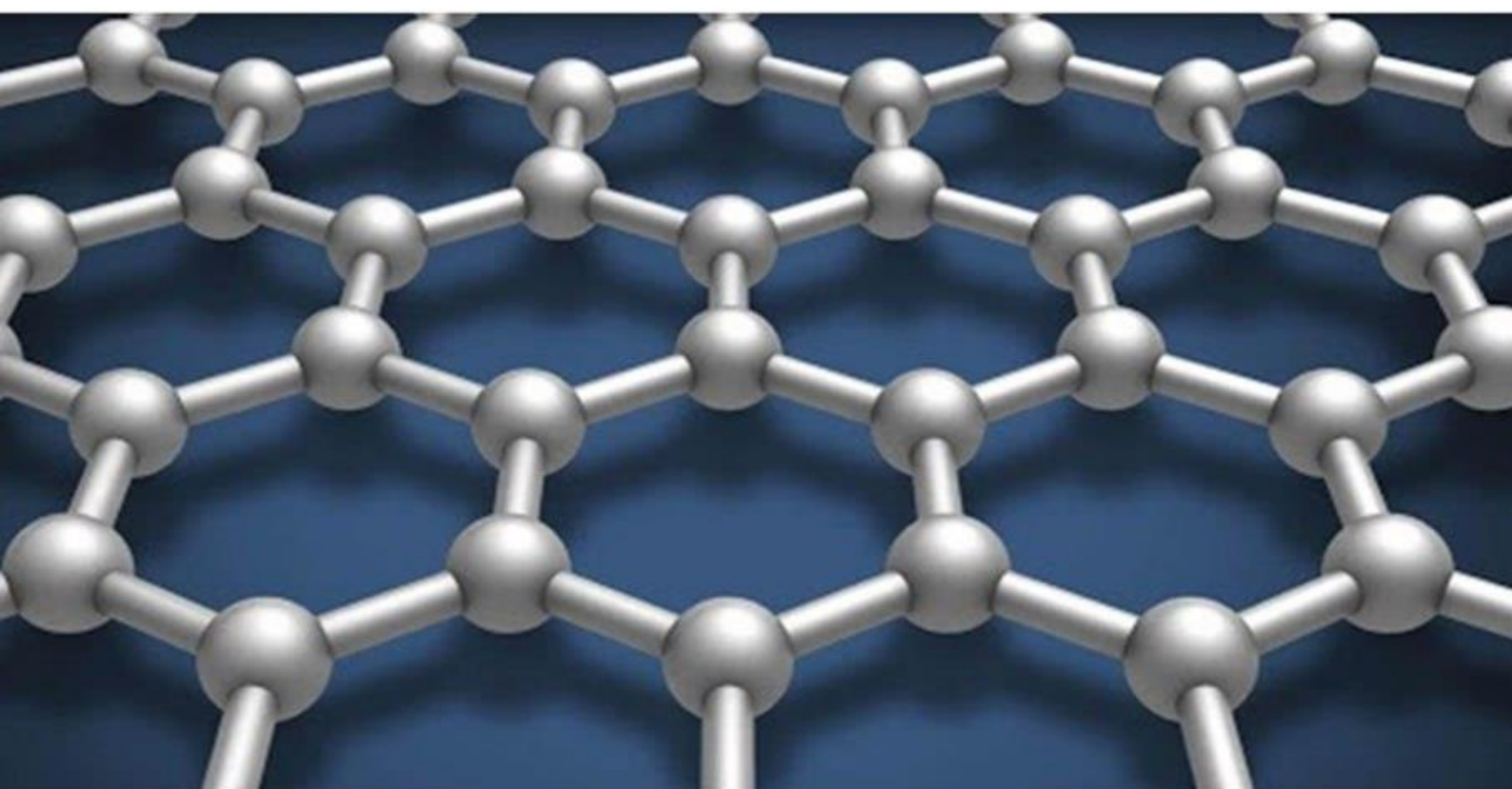


O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

deposition of a copper coating is shown. The fundamentals of the technology for obtaining composite materials based on laser cleaning and subsequent deposition of a copper coating have been created.

Анисович А.Г.
Маркевич М.И.
Журавлева В.И.
Кодиров Т.Ж.
Худанов У.О.
Нуриддинов У.Б.

Институт прикладной физики НАН Беларуси
Физико-технический институт НАН Беларуси
Военная академия Республики Беларусь
Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности
Джизакский Государственный Педагогический Университет.
Джизакский Государственный Педагогический Университет

УДК 541.183.2.678:541.128

НАНОГИБРИДНЫЙ ХИТОЗАН-КРЕМНЕЗЕМНЫЙ АДСОРБЕНТ ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЗАГРЯЗНЕННЫХ ВОД

Д.Ш. Шакарова, Ч.К. Бегимкулова, А.Б. Ибрагимов

Введение. В настоящее время промышленная революция ускорила выброс загрязнителей в окружающую среду, и тяжелые металлы являются одними из наиболее распространенных загрязнителей. Сточные воды, содержащие токсичные металлы, могут обрабатываться путем добавления анионов, которые вызывают осаждение металлов в качестве нерастворимых солей. Другие методы включают мембранную фильтрацию, адсорбцию с использованием активированного угля и ионно-обменных смол, которые могут также использоваться для очистки промышленных стоков [1,2].

Однако эти материалы имеют много недостатков, связанных с относительно слабым взаимодействием с катионами металлов [3]. Для преодоления этого многие исследователи разработали функциональные адсорбенты такие, как гибридные материалы, органоклеи и модифицированные на поверхности мезопористые материалы [4]. В случае очистки сточных вод идеальный адсорбент для ионов тяжелых металлов должен обладать такими свойствами, как большая площадь поверхности, соответствующий размер пор, объем пор, высокая адсорбционная способность, высокая механическая стабильность, хорошая совместимость, доступность, экономическая эффективность и экологичность. В последние годы, как тип функциональных материалов с хорошими свойствами, хитозан имеет большое потенциальное применение для адсорбции и ионов тяжелых металлов, поскольку аминокислотные группы макромолекул хитозана обладают сильными хелатирующими действиями к ионам металлов. Хитозан был предложен для адсорбции ионов тяжелых металлов при очистке воды и извлечения тяжелых металлов [5].

Известность получили гибридные материалы на основе хитозана с разными

неорганическими веществами, которые имеют потенциальное преимущество из-за повышения механической прочности. Поэтому разработка таких материалов путем объединения макромолекул с неорганическими частицами стала одной из самых инновационных областей исследований [6]. Известно также о различных полисахарид/неорганических веществах, таких как целлюлоза/кремнезем, хитозан/кремнезем, хитозан/диоксид титана и хитозан/цеолит А [7].

Целью данной работы было получение и характеристика хитозан/кремнеземного пористого наногибридного адсорбента с повышенной механической прочностью и оценка адсорбционных свойств синтезированного продукта по отношению к ионам Cd(II) и Pb(II).

Материалы и методы. Наногибридный хитозан/кремнеземный сорбент с 5-% ным содержанием хитозана получен по методике, опубликованной ранее в работе [8].

Полученный хитозан/кремнеземный адсорбент охарактеризован с помощью сканирующего электронного микроскопа с энергодисперсионным рентгеновским излучением (EDX).

Инфракрасные спектры были зарегистрированы инфракрасным спектрофотометром преобразования Фурье. Площадь поверхности и объем пор определены методом азотной порометрии при -77 °C.

Исследование адсорбции ионов Cd(II) и Pb(II) проводили в статическом режиме с периодическим перемешиванием по следующей методике [9]. Количество ионов металлов, адсорбированных на единицу массы хитозан/кремнезем адсорбента (мг ионов металлов/г сорбента), оценивали по следующему выражению:

Адсорбированные ионы металлов = $[(C^0 - C) \times V] = [m \times 1000]$

где C^0 и C – концентрации ионов металлов в водной фазе до и после инкубационного периода, соответственно (мг/л);
 V – объем водной фазы (мл);
 m – количество использованного сорбента (г).

Результаты и обсуждение.

Морфологическое изучение полученного хитозан/кремнеземного гибридного материала методом СЭМ показало, что в результате синтеза произошло образование сферических «малинообразных» частиц с размером 3-15 мкм (рис.1,а).

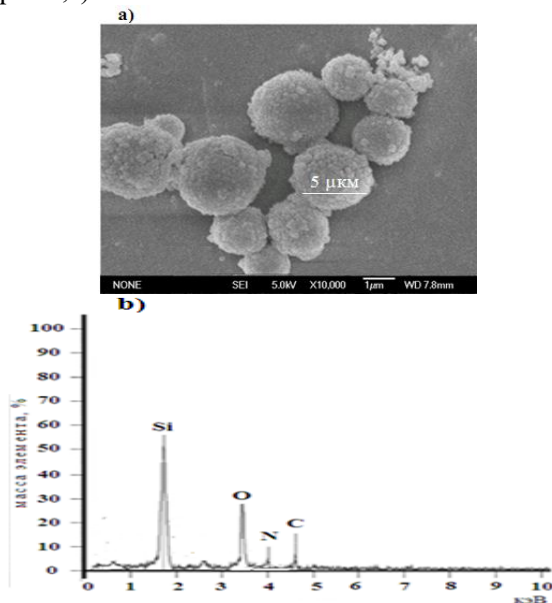


Рис.1. Результаты СЭМ (а) и ЭДС (б) образца хитозан/кремнеземного наногибридного адсорбента

Элементный анализ методом СЭМ-ЭДС (рис.1,б) показал наличие Si (55,1 %), O (28,5 %), C (16,4 %), N (10,51 %), что свидетельствует о содержании в структуре полученного материала кремнезема и макромолекул хитозана. Это подтверждается результатами анализа методом ИК-спектроскопии (рис.2), смещение полос поглощения, характерных для функциональных групп чистого хитозана ($-NH_2$, $-CONH_2$), в ИК-спектре полученного адсорбента свидетельствует о взаимодействии функциональных групп хитозана с силанольными группами кремнезема. При сравнении ИК – спектров образцов наногибридного адсорбента и хитозана можно видеть сдвиг полос поглощения 1650 см^{-1} и 1584 см^{-1} , характерных для карбонильных амидных группировок хитозана, в область более низких частот, а именно, 1618 и 1424 см^{-1} . Это свидетельствует о возникновении водородных связей между силанольными группами и карбонильными группами амидной группировки хитозана.

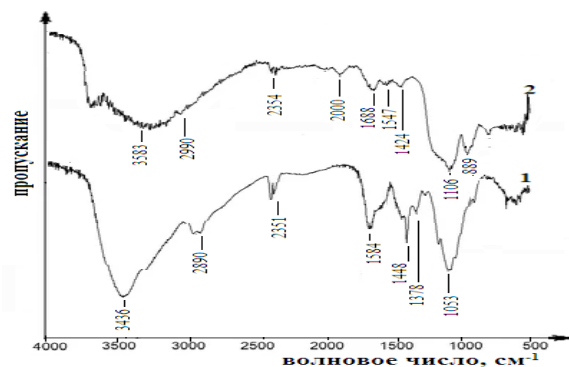


Рис.2. ИК-спектры (1) хитозана и (2) хитозан/кремнеземного адсорбента

Оценку адсорбционных свойств хитозан/кремнеземного наногибридного адсорбента по отношению к ионам Pb(II) и Cd(II) осуществляли с использованием растворов в диапазоне значений pH от 1 до 9.

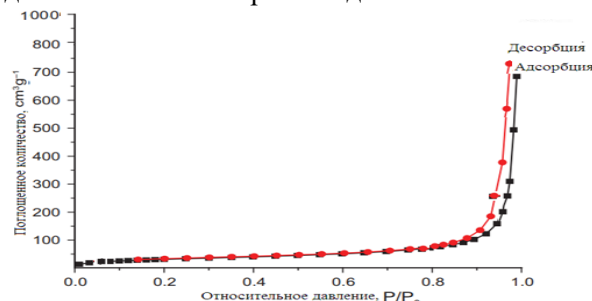


Рис. 3. Изотерма адсорбции/десорбции азота на хитозан/кремнезем наногибридного адсорбента

Структурные характеристики, полученные методом порометрии, удельная площадь поверхности по BET, равная $292\text{ м}^2/\text{г}$ и средний диаметр пор, составляющий 42 нм , а также форма изотермы адсорбции-десорбции, соответствующая изотерме Лангмюра V типа (по классификация IUPAC) (рис.3), указывают на то что полученный хитозан/кремнеземный адсорбент обладает мезопористой структурой.

Как известно, в процессах адсорбции значительную роль играет значение pH раствора, которое оказывает большое влияние на изменение поверхностных зарядов адсорбента [10]. На рис.4 представлены кривые зависимости степени адсорбции ионов Pb(II) и Cd(II) от значений pH исследуемых растворов.

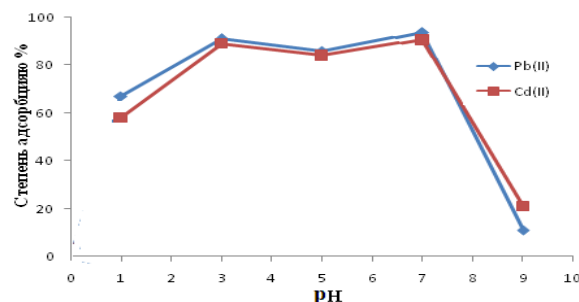


Рис.4. Зависимость степени адсорбции ионов Pb(II) и Cd(II) от значений pH исследуемых растворов

Из приведенных кривых видно, что по мере снижения кислотности, т.е., с увеличением значений pH в растворах до 3, степень адсорбции ионов обоих металлов увеличивается и колеблется на почти одинаковом уровне вплоть до значения pH равном 7. Однако при дальнейшем увеличении значений pH до 9 наблюдается снижение степени адсорбции. Следовательно, как сильнокислотная, так и щелочная среды дезактивируют адсорбционные центры поверхности хитозан/кремнеземного наногибридного адсорбента. Оптимальными значениями pH растворов для адсорбции ионов как Pb(II), так Cd(II) следует признать диапазон значений pH от 3 до 7. При этих значениях pH

происходит извлечение ионов Pb(II) от 67 % до 94 %, а ионов Cd(II) до 91 %.

Выводы. Таким образом, синтезированный и охарактеризованный нами наногибридный хитозан/кремнеземный адсорбент проявляет значительную адсорбционную активность по отношению к ионам Pb(II) и Cd(II) в диапазоне значений pH от 3 до 7 и позволяет извлекать из растворов до 94 % ионов Pb(II) и до 91 % ионов Cd(II). Следовательно, указанный диапазон значений pH является оптимальным. Это позволяет рекомендовать полученный адсорбент для извлечения ионов тяжелых металлов из загрязненных вод.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Ofoefule, A. Wastewater: treatment options and its associated benefits, in wastewater evaluation and management / A. Ofoefule // Intech-Publishers Croatia, 2011. - 189 p.
2. Пирузян, А.В. Перспективный сорбент на основе отходов растительного сырья для очистки жиродержащих сточных вод / А.В. Пирузян, Т.Н. Боковикова, Ю.В. Найденов // Фундаментальные исследования. -2008. -№10.-С. 62-66.
3. Bailey SE, Olin TJ, Bricka M, Adrian DD. A review of potentially low-cost adsorbents for heavy metals. Water Res 1999;33:2469–79.
4. Simona Căprărescu, Violeta Purcar, Annette Madelene Dăncilă,² and Oanamari Daniela Orbuleț: Study of Polyvinyl Alcohol-SiO₂ Nanoparticles Polymeric Membrane in Wastewater Treatment Containing Zinc Ions.
5. Chi, H., Wang, S., Li, T., & Li, Z. (2021). Recent progress in using hybrid silicon polymer composites for wastewater treatment. Chemosphere, 263, 128380.
6. Chongdar, S.; Bhattacharjee, S.; Bhaumik, A. Porous organic–inorganic hybrid materials for catalysis, energy and environmental applications. Chem. Commun. 2022, 58, 3429–3460.
7. Muniyappan Rajiv Gandhi, S. Meenaksh. Preparation and characterization of silica gel/chitosan composite for the removal of Cu(II) and Pb(II). International Journal of Biological Macromolecules 50 (2012) 650–657.
8. Кабулов Б.Д., Шакарова Д.Ш., Шпигун О.А., Негматов С.С. Золь-гель процесс получения хитозансодержащих нанокомпозитов с полимер-кремнеземной матрицей //Композиционные материалы – Ташкент, 2007. - №1. – С.88.
9. Crini G. Recent developments in polysaccharide-based materials used as adsorbents in wastewater treatment. Prog Polym Sci 2005;30:38–70.
10. Crini G and Badot PM. Application of chitosan, a natural aminopolysaccharide, for dye removal from aqueous solutions by adsorption processes using batch studies Progress in Polymer Science 2008. 33(4): 399–447.

Калит сўзлар: наногибрид, золь-гель усули, хитозан-кремнезем адсорбент, оғир металллар, адсорбция.

Наногибрид хитозан/кремнеземи адсорбенти золь-гель жараёни ёрдамида керакли структураларни ва функционал хусусиятлари билан синтез қилинди, ҳамда уларнинг физик-кимёвий хоссалари ўрганилди. Хитозан/кремнеземи адсорбентининг сорбцион хусусиятлари яъни Cd(II) ва Pb(II) ионларининг адсорбциясига pH ва дастлабки металл концентрациясининг таъсири ўрганилди.

Ключевые слова: наногибриды, золь-гель метод, хитозан-кремнезем адсорбент, тяжелые металлы, адсорбция.

Наногибридный хитозан/кремнеземный адсорбент был синтезирован с заданными структурными и функциональными характеристиками при золь-гель процессе, а также были исследованы их физико-химические свойства. Были изучены сорбционные свойства адсорбента хитозан/кремнезема, то есть влияние pH и предварительная концентрация металлов на адсорбцию ионов Cd(II) и Pb(II).

Key words: nanohybrids, sol-gel method, chitosan-silica adsorbent, heavy metals, adsorption.

The nano-hybrid chitosan/silica adsorbent was synthesized with specified structural and functional characteristics by sol-gel process and their physico-chemical properties have been studied. The sorption properties of chitosan/silica adsorbent, i.e., the effect of pH and initial metal concentration on the adsorption of Cd(II) and Pb(II) ions were studied.

С.Б. Мирзажонова, Б.Б. Юсупов, Н.У. Хасанова, Л.А. Буранов, Х.С. Аслонов. Извлечения металлов из техногенных отходов гидрометаллургическим способом	96
И.Н. Нугманов, Х.Х. Бобоев, Р.Х. Муродқосимов. Природа сверхпластического течения и ползучести.....	99
Б.К. Тилабов. Технологические процессы получения газифицируемых пеномоделей и стальных зубьев борона с износостойким твердосплавным покрытием и последующим упрочнением.....	101
У.К. Уринов, Д.Р. Атакузиева, А.М. Батиров. Технологические возможности получения газообразного сырья для процесса фишера тропша из биомассы	105
А.А. Юсупов, Б.М. Сайдумаров, С.С. Файзуллаев. Технология термоциклической обработки для повышения износостойкости зубчатых колес	108
Ш.Т. Тошматова, Н.Д. Тураходжаев, Н.Х. Таджиев, Ф.М. Махмудов. Микротўлқинли печи ёрдамида алюминий қотишмасини суюқлантириш технологияси	111
О.М. Ёқубов, А.С. Хасанов, И.С. Умаралиев, Х.Ю. Джумаева, Ж.Б. Суннатов, М.М. Якубов, Ш.А. Мухамеджанова. Обогащение и переработка техногенных образований на АО «Алмалыкский ГМК»	113
R.A. Abdirahimova, S.T. Yulchieva, Z.A. Smanova. Analytical application of modified polymer sorbents from waste fiber "nitron"	117
С.С. Бектурганова, С.Ф. Фозилов, Ж.О. Бобоев, Х.С. Фозилов, У.К. Уринов, Д.Р. Атакузиева. Шўртан газ-кимё мажмуаси иккиламчи маҳсулотидан метилэтилкетонни олиш ва тозалаш усуллариини такомиллаштириш	119
А.А. Сарымсаков, Х.Э. Юнусов, М.М. Мирхалисов, В.Е. Агабеков, Ж.В. Игнатович. Воздухопроницаемый антибактериальный биоматериал со стабилизированными наночастицами серебра	123
Sh.A. Axmedova, N.D. Turaxodjayev, Sh.N. Saidxodjayeva. Additiv texnologiyalar yordamida ishlab chiqarilgan suyuqlantrib oluvchi modellar (LVM) yordamida quyma ishlab chiqarish texnologiyasi	127
Ж.М. Бегатов, М.С. Эргашев. Влияние режимов низкотемпературной нитроцементации на структуру и свойства стали X12Ф1	129
М. Каршиев, А. Саттаров, Ш. Мустафоев, Т. Пардаев, А.А. Етмишев. Технология получения фильтрующих элементов для очистки моторного масла автомобиля марки ISUZU методом осаждения в пористую заготовку из газопылевого потока воздуха с анизотропной структурой и внедрение их в промышленность.....	132
О.Г. Абдуллаев, А.В. Умаров. Тўйинмаган полиэфир смоласи ва «фарғонаазот» аж да ҳосил бўладиган қаттиқ чиқинди асосида автошпатлевка ишлаб чиқариш технологиясини йўлга қўйиш	135
4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов	
Б.М. Абдураимов, А.И. Худойбердиев. Сополимеры в качестве структурообразователей для фарфоровой массы... ..	140
Н.А. Кадилов, М.Н. Мусаев, В.В. Зайниддинов. Саноат чиқиндилардан иккиламчи хом-ашё сифатида фойдаланишнинг замонавий усуллари	143
Д.Б. Саидмирзаева, Ш.П. Нуруллаев, И. Рўзматов, З.С. Алихонова, Х.С. Толипова, Ш. Қўзибоев. Магнит хоссали композицион адсорбентлар билан оқава сувларни нефть маҳсулотларидан тозалаш	145
К.М. Муртазаев, Х.Г. Азимов. Ёнғиндан ҳимояловчи, қавариқланадиган полимер композитларнинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффициентини тадқиқ этиш	148
А.Г. Анисович, Т.Ж. Кодиров, У.О. Худанов, М.И. Маркевич, В.И. Журавлева, У.Б. Нуриддинов. Создание композиционных материалов на основе натуральной кожи	154
Д.Ш. Шакарова, Ч.К. Бегимкулова, А.Б. Ибрагимов. Наногибридный хитозан-кремнеземный адсорбент для извлечения ионов тяжелых металлов из загрязненных вод	157
Н.А. Игамкулова, Ш.Ш. Менглиев, Ш.А. Омонов. Саноат сорбентларининг деградацияга учраш сабабларини аниқлаш	160
М.Р. Амонов, К.А. Равшанов, М.И. Рахмонов, М. Бакаева. Битумные композиции на основе госсипола	162
Ж.К. Мухамедов, С.М. Турабжанов, Н.К. Насирова, К.Г. Мухамедов. Технология очистки сточных вод кожевенного производства	165
F.B. Isakulov, S.B. Raximov, Z.A. Smanova, Q.K. Arifjanov, B.R. Ummatova. O‘zbekistondagi tabiiy kaolinlarni temir va titan birikmalaridan tozalash va boyitish	168
И.О. Камолова, Р.Х. Сайдахмедов. Формирование наноструктуры на основе твердого сплава WC-CO искровым плазменным спеканием	170
5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов	
С.С. Негматов, Т.У. Улмасов, Н.С. Абед, С.С. Жовлиев, Б. Хаминов, Б.Б. Эшмуротов, Ж.Н. Негматов. Релаксационные максимум взаимопроникающих полимерных сеток впс из эпоксидных и полиуретано полимеров... ..	173
Ш.Ш. Ахмадалиев. Кучланган-деформацияланган холат экспериментал тадқиқот усуллариининг таҳлили	177
М.Н. Мусаев, В.В. Зайниддинов, Н.А. Кадилов. Методы эффективного использования промышленных отходов автомобильной промышленности	179
A.SH. Bekmirzayev, D.A. Xandamov, R.J. Eshmetov, X.S. Talipova. Qo‘ng‘irtog‘ bentonitlarining aminlangan na‘munalarini iqtisodiy-spektroskopik ko‘rsatkichlari	181
Sh.P. Shumkarova, M.N. Rajapova. Comprehensive assessment of the quality of rubber-fabric jersey of different assortment	185
Ш.Ш. Менглиев, Н.А. Игамкулова, Г.А. Хакимова, Ж.Р. Эргашев. Определение качественного и количественного состава сивушных масел методом газожидкостной хроматографии	188
М. Каршиев, А. Саттаров, К.И. Юнусалиева, Ж.М. Бегатов, А.А. Етмишев. Регенерация фильтров для очистки питьевых вод из металлических порошков бронзы методом ультразвука	190
M. Ergashev, Z.Sh. Sadullayev, L.M. Raufov, A.A. Abdukaxxarov. Yeyilgan detallarni qayta tiklashning zamonaviy usullari	192