ISNN 3030-3907

2026
JUNE
ISSUE - 6
VOLUME -8

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

IYUN 2026
Issue - 6, VOLUME – 8

ISSN 3030 -3907

Ilmiy jurnal OAK rayosatining 2024 yil 27 sentabrdagi 361-son qaroriga asosan 02.00.00 kimyo fanlari hamda 2025 yil 12 fevral 367- son qaroriga asosan 05.00.00 texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (PhD) va fan doktori (DSc) ilmiy darajasiga talabgorlarning dissertatsiya ishlari yuzasidan dissertatsiyalari asosiy ilmiy natijalarini chop etish tavsiya etilgan milliy ilmiy nashrlar ro‘yxatiga kiritilgan.

BOSH MUHARRIR:
Temirov Alisher Hoshim o‘g‘li – texnika fanlari falsafa doktori (PhD),Dotsent.
TAHRIRIYAT KENGASH RAISI:
Fozilov Sadriddin Fayzullayevich – texnika fanlari doktori, professor
TAHRIRIYAT KENGASH A’ZOLARI

TEXNIKA FANLARI/ TECHNICAL SCIENCES/ ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Bozorov G‘ayrat Rashidovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Abdurahmonov Olim Rustamovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Adizov Bobur Zamirovich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti, professor
Hayitov Ruslan Rustamjonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Jumayev Qayum Karimovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Berdiyev Dorob Murodovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor
Maxmudov Rafiq Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Tilloyev Lochin Ismatilloyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Raxmonov Qahramon Sanakulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Barakayev Nusratullo Rajabovich
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti, professor.
Jo‘rayev Xayrullo Fayziyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Panoyev Erali Rajabboyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Ataullayev Sherzod Nabiullyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Malik Negmurodovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Axmedova Ozoda Bahronovna
Islom Karimov nomidagi Toshkent Davlat Texnika Universiteti.
Safarov Bahri Jumayevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Xaydarov Axtam Amonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Safarov Jasur Alijon o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

KIMYO FANLARI/ CHEMICAL SCIENCES/ ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Axmedov Voxid Nizomovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Umarov Baqo Bafoyevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Kodirov Abduaxad Abduraximovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Qurbonov Mingniqul Jumagulovich
Qarshi davlat Universiteti, dotsent
Turemuratov Sharibay Naurizbaevich
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Qoraqalpog‘iston bo‘limi Bosh ilmiy kotibi, professor
Tursunov Kaxor Shonazarovich
Qarshi davlat Universiteti, professor
Do‘stov Hamro
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor
Panoyev Nodir Shavkatovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Olimov Bobur Bahodir o‘g‘li
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Kasimov Sherzod Abduazimovich
Termiz Davlat Universiteti, professor.
Aliqulov Rustam Valiyevich
Termiz Davlat Universiteti, professor
Tropov Xamza Tursunovich
Samarqand Davlat Universiteti, professor

IQTISODIYOT FANLARI/ ECONOMICS/ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Nizamov Aslitdin Badreddinovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Boboyev Akmal Choriyevich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Ergashxojayeva Shaxnoza Djasurovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Saidaxmedova Nodira Ilxomovna
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, professor
Muxsinov Bekzod Toxirovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shakarov Qulmat Ashirovich
Renessans ta'lim universiteti,dotsent.
Jumaeva Zulfiya Qayumovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Norova Salomat Yusupovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Avezova Shaxnoza Maxmudjonovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Jalilov Jamshid G‘anijonovich
Toshkent davlat iqtisodiyot universiteti, dotsent
Xasanova Gulruh Djumanazarovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.

PEDAGOGIKA FANLARI/ PEDAGOGICAL SCIENCES / ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Siddiqova Sadoqat G‘afforovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Zoyirov Erkin Xalilovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, DSc, professor
Gaffarov Feruz Hasanovich
Puchon Universiteti, *professor*
Ruziyev Davron Yuldashevich
Buxoro Davlat Universiteti, professor
Muradova Firuza Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Yunusova Gulandon Samiyevna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
To‘xtayeva Zebo Sharifovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, professor.
Navro‘zova Gulchixra Nigmatovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Uzoqova Laylo Polvonovna
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.
To‘raqulova Marjona Qiyom qizi
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Muradova Zarina Rashidovna
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Murodov Sanjar Aslonovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent.
Shodiyev Jahongir Jo‘raqulovich
Buxoro Davlat Texnika Universiteti, dotsent
Gaffarov Laziz Hasanovich
Buxoro muhandislik – texnologiya instituti, dotsent.

Tahririyat a’zolarning to‘liq ro‘yxati jurnalning www.devos.uz saytida keltirilgan.

Tahririyat hay’ati a’zolarining tarkibini o‘zgartirish hamda qo‘shimcha kiritish yoki tahririyat a’zoligidan chiqarish bosh muharrir tomonidan amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907

Development of science ilmiy jurnali 2024 yil 15 aprel kuni №256445 sonli guvohnoma bilan Davlat ro‘yxatidan o‘tgan.

To‘plam elektron ko‘rinishda (pdf formatida) mualliflarga taqdim etiladi. To‘plamga kiritiladigan maqolalarning mazmuni, ulardagi statistik ma’lumotlar va me’yoriy hujjatlarning to‘g‘riligiga hamda har qanday fikr - mulohazalarga mualliflarning o‘zlari mas’ul hisoblanadilar. Talablarga javob bermaydigan maqolalar to‘plamga kiritilmaydi. Tashkiliy qo‘mita maqola matnini qisqartirish, qisman tuzatish kiritish, seksiyalarga joylashtirish huquqiga ega.

ISSN 3030-3907

АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИТОВ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОЕ ВЕЩЕСТВО–ПОЛИАКРИЛАМИД–МОНТМОРИЛЛОНИТ: ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

Атаниязова Амина Сейтниязовна
Докторант (PhD) Каракалпакского Государственного университета

Аннотация. В статье представлен всесторонний обзор литературы, посвящённый адсорбционным свойствам композитов, основанных на поверхностно-активных веществах (ПАВ), полиакриламиде (ПАА) и монтмориллоните (ММТ). Рассмотрены механизмы формирования композитных матриц, влияние структурных параметров компонентов на адсорбционную способность, типы адсорбатов и области применения. Обзор выявляет основные научные достижения, актуальные проблемы и перспективы развития данной научной области, в том числе потенциал использования таких композитов в очистке сточных вод, каталитических процессах и биомедицинских приложениях.

Ключевые слова: адсорбция, поверхностно-активное вещество, полиакриламид, монтмориллонит, композиты, структура и свойства, очистка воды, материалы с контролируемой адсорбцией.

Annotatsiya. Maqolada sirt faol moddalar (SFM), poliakrilamid (PAA) va montmorillonit (MMT) asosidagi kompozitlarning adsorbsion xossalariga bag‘ishlangan adabiyotlarning har tomonlama sharhi keltirilgan. Kompozit matritsalarning hosil bo‘lish mexanizmlari, komponentlar strukturaviy parametrlarining adsorbsion qobiliyatga ta’siri, adsorbat turlari hamda qo‘llanilish sohalari ko‘rib chiqilgan. Sharh ushbu ilmiy yo‘nalishdagi asosiy ilmiy yutuqlarni, dolzarb muammolarni va rivojlanish istiqbollarini aniqlab beradi. Shuningdek, bunday kompozitlardan oqava suvlarni tozalashda, katalitik jarayonlarda va biotibbiy qo‘llanmalarda foydalanish salohiyati yoritilgan.

Kalit so‘zlar: adsorbsiya, sirt faol modda, poliakrilamid, montmorillonit, kompozitlar, tuzilish va xossalar, suvni tozalash, boshqariladigan adsorbsiya xususiyatiga ega materiallar.

Abstract. This article presents a comprehensive literature review of the adsorption properties of composites based on surfactants (surface-active agents), polyacrylamide (PAA), and montmorillonite (MMT). The mechanisms of composite matrix formation, the influence of the structural parameters of the components on adsorption capacity, the types of adsorbates, and the fields of application are examined. The review highlights the major scientific achievements, current challenges, and future development prospects in this research area, including the potential use of such composites in wastewater treatment, catalytic processes, and biomedical applications.

ISSN 3030-3907

Keywords: adsorption, surfactant, polyacrylamide, montmorillonite, composites, structure and properties, water treatment, materials with controlled adsorption.

ВВЕДЕНИЕ.

Адсорбция является одним из фундаментальных процессов в химии и материаловедении, обеспечивая возможность избирательного удаления загрязняющих веществ из воды, воздуха и промышленных растворов. С развитием нанотехнологий и полимерной химии особый интерес представляют композитные материалы, сочетающие органические и неорганические компоненты, что позволяет создавать адсорбенты с улучшенными свойствами, регулируемой пористостью и высокой стабильностью.

Композиты на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), полиакриламида (ПАА) и монтмориллонита (ММТ) являются ярким примером таких материалов. ПАВ обладают амфифильной структурой, которая способствует образованию мицелл и структурированных агрегатов, увеличивая эффективность адсорбции органических молекул. ПАА, благодаря своим полимерным цепям и амидным группам, обеспечивает формирование гидрогельной матрицы, стабилизирует структуру композита и улучшает удержание ионов и молекул в пористых сетях. ММТ, природный алюмосиликатный минерал с высокой удельной поверхностью и способностью к ионному обмену, выступает основным адсорбентом, увеличивая доступность активных центров и способствуя селективной адсорбции катионов и органических молекул.

Исследования последних десятилетий показывают, что взаимодействие этих компонентов в композитах создает синергетический эффект, повышающий адсорбционную ёмкость по сравнению с отдельными материалами. Такие композиты демонстрируют высокую эффективность при удалении тяжёлых металлов, органических красителей, фенольных соединений, а также проявляют перспективные свойства для применения в каталитических процессах, биомедицинских системах доставки веществ и экологически безопасных технологиях.

Несмотря на значительное количество исследований, остаются актуальными задачи: Оптимизация состава и структуры композитов для повышения адсорбционной ёмкости. Разработка методов синтеза с контролируемой пористостью и распределением ПАВ и ПАА в матрице ММТ. Понимание механизмов адсорбции на молекулярном уровне для различных типов загрязнителей.

Цель данного обзора — систематизация современных знаний о синтезе, структуре и адсорбционных свойствах композитов ПАВ–ПАА–ММТ, анализ

ISSN 3030-3907

факторов, влияющих на адсорбционную активность, а также выявление перспективных направлений исследований в области функциональных адсорбентов.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ. Композиты на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), полиакриламида (ПАА) и монтмориллонита (ММТ) активно изучаются в последние два десятилетия, что связано с их высокой адсорбционной эффективностью и широкими областями применения. На сегодняшний день публикации в этой области охватывают несколько ключевых направлений: синтез композитов, их структурные характеристики, механизмы адсорбции и практическое применение.

Синтез и модификация композитов. Большинство исследований посвящено разработке методов синтеза композитов с контролируемой структурой. Так, Bergaya и Lagaly (2013) описывают создание органо-минеральных композитов через интеркаляцию ПАВ и полимеров в межслоечные пространства ММТ, что позволяет значительно увеличить адсорбционную поверхность и повысить механическую устойчивость материала. Theng (2012) подчёркивает важность выбора типа ПАВ и условий реакции для формирования стабильной структуры композита. Например, катионные ПАВ обеспечивают лучшее взаимодействие с ПАА и ММТ, увеличивая адсорбционную ёмкость по органическим молекулам.

Структурные характеристики и методы анализа. Композиты ПАВ–ПАА–ММТ исследуются с помощью ряда аналитических методов:

- FT-IR — позволяет определить функциональные группы и их взаимодействие;
- XRD — используется для анализа межслоечной интеркаляции ММТ и кристалличности композита;
- SEM и TEM — визуализируют морфологию и распределение полимера в минерале;
- BET-анализ — определяет удельную поверхность и пористость.

Работы Liu et al. (2021) и Zhang et al. (2020) показывают, что синергетическое сочетание ПАВ, ПАА и ММТ способствует формированию пористой и гомогенной структуры, увеличивая площадь контакта с адсорбатом.

Механизмы адсорбции. Согласно литературным данным, композиты ПАВ–ПАА–ММТ обеспечивают несколько взаимосвязанных механизмов адсорбции:

1. Физическая адсорбция — захват молекул адсорбата в порах и на поверхности минерала;

ISSN 3030-3907

2. Химическая адсорбция — взаимодействие функциональных групп ПАА и ПАВ с молекулами адсорбата;

3. Ионный обмен — особенно характерен для катионных загрязнителей, захватываемых межслоечными пространствами ММТ;

4. Мицеллярный захват — специфичен для органических молекул, взаимодействующих с ПАВ.

Исследования Gupta et al. (2019) показали, что композитные системы могут эффективно удалять тяжёлые металлы (Pb^{2+}, Cd^{2+}, Cu^{2+}), органические красители (метиленовый синий, оранжевый G) и фенольные соединения, демонстрируя синергетический эффект компонентов.

Факторы, влияющие на адсорбцию. Анализ публикаций выявляет несколько критических факторов:

- pH среды — определяет заряд функциональных групп и состояние адсорбата;
- Концентрация ПАВ — влияет на образование мицелл и доступность адсорбционных центров;
- Температура — ускоряет или замедляет кинетику адсорбции;
- Соотношение компонентов — оптимизация доли ПАА и ММТ позволяет управлять пористостью и эффективностью взаимодействия с адсорбатом.

В частности, исследования Mittal (2010) и Mohan & Pittman (2014) показывают, что оптимальные соотношения компонентов обеспечивают максимальную адсорбционную ёмкость и селективность по целевым загрязнителям.

Применение композитов. Систематический обзор литературы демонстрирует следующие области применения:

- Очистка воды — удаление ионов тяжёлых металлов, органических загрязнителей, красителей;
- Катализ — использование композитов как носителей катализаторов или адсорбентов для реакций деградации загрязнений;
- Биомедицина — системы доставки лекарств, детоксикация;
- Экология и промышленность — захват летучих органических соединений (VOC) и газообразных загрязнителей.

Проблемы и перспективы исследований. Несмотря на высокий потенциал, остаются нерешёнными задачи: Стандартизация методов синтеза композитов для получения воспроизводимых свойств. Долговременная стабильность структуры при эксплуатации в агрессивных средах. Селективность и контроль взаимодействия с различными типами загрязнителей. Использование компьютерного моделирования для прогнозирования адсорбционных изотерм и оптимизации состава

ISSN 3030-3907

композитов. Обзор литературы показывает, что композиты ПАВ–ПАА–ММТ являются перспективными материалами с уникальными адсорбционными свойствами и широкими возможностями для применения в очистке воды, экологии и биомедицине. Однако дальнейшие исследования должны быть направлены на оптимизацию состава, структуры и механизма взаимодействия компонентов для достижения высокой эффективности и устойчивости материалов.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика композитов ПАВ–ПАА–ММТ и их адсорбционных свойств

Компонент композита	Роль в адсорбции	Преимущества	Ограничения	Примеры использования
Поверхностно-активное вещество (ПАВ)	Создание мицеллярных структур, увеличение органофильности	Высокая адсорбция органических молекул, улучшение взаимодействия с полимерной матрицей	Может снижать механическую прочность композита при высокой концентрации	Удаление красителей, органических загрязнителей
Полиакриламид (ПАА)	Формирование гидрогельной матрицы, функциональные группы для химической адсорбции	Регулируемая пористость, удержание ионов и молекул, улучшение стабильности структуры	Ограниченная устойчивость к экстремальному pH и высокой температуре	Сорбция тяжёлых металлов, стабилизация структуры композита
Монтмориллонит (ММТ)	Основной адсорбент, межслоечный ионный обмен	Высокая удельная поверхность, селективность к катионам	Необходима модификация для улучшения взаимодейс	Захват катионов, тяжелых металлов, VOC

ISSN 3030-3907

			твия с органическими молекулами	
ПАВ–ПАА–ММТ (композит)	Синергетическое взаимодействие компонентов для комплексной адсорбции	Высокая адсорбционная ёмкость, комбинированный механизм (физическая + химическая + ионный обмен + мицеллярный захват), универсальность	Необходимость оптимизации состава и структуры для разных адсорбатов	Очистка сточных вод, каталитические процессы, биомедицинские приложения

Сравнительный анализ показывает, что комбинированный композит ПАВ–ПАА–ММТ обладает наиболее высокой эффективностью благодаря синергетическому эффекту.

Каждый компонент выполняет свою роль: ММТ — базовая поверхность для адсорбции, ПАА — матрица и стабилизатор, ПАВ — органофильная модификация и мицеллярное взаимодействие. Ограничения каждого компонента могут компенсироваться в составе композита, что делает такие материалы более универсальными и эффективными.

ОБСУЖДЕНИЕ. Проведённый анализ литературы показывает, что композиты на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), полиакриламида (ПАА) и монтмориллонита (ММТ) обладают комплексными адсорбционными свойствами, обусловленными синергетическим взаимодействием компонентов. Каждый элемент играет специфическую роль: ММТ обеспечивает высокую удельную поверхность и ионный обмен, ПАА формирует гидрогельную матрицу и стабилизирует структуру, а ПАВ улучшает взаимодействие с органическими адсорбатами через образование мицелл и амфифильных слоёв.

Сравнительный анализ экспериментальных данных показывает, что интеграция ПАВ и ПАА в структуру ММТ значительно увеличивает

ISSN 3030-3907

адсорбционную ёмкость по органическим красителям, фенольным соединениям и тяжёлым металлам. Например, исследования Liu et al. (2021) показали, что композиты ПАВ–ПАА–ММТ способны сорбировать до 95% метиленового синего из водного раствора при оптимальных условиях pH и температуры, что превышает показатели отдельных компонентов в два-три раза.

Механизм адсорбции в таких системах является многоуровневым: Физическая адсорбция осуществляется на поверхности минерала и в порах гидрогеля. Химическая адсорбция связана с взаимодействием амидных групп ПАА и функциональных групп ПАВ с молекулами адсорбата. Ионный обмен особенно эффективен для катионных загрязнителей, которые замещают ионы в межслоечном пространстве ММТ. Мицеллярный захват обеспечивает селективное взаимодействие с органическими молекулами благодаря амфифильной природе ПАВ.

Эти механизмы взаимодействуют между собой, создавая синергетический эффект, который усиливает адсорбционную эффективность композитов. Это подтверждается наблюдением, что оптимальное соотношение ПАВ, ПАА и ММТ позволяет регулировать пористость, доступ к активным центрам и селективность по типу адсорбата.

Однако при анализе литературы выявлены и ограничения: Необходимость оптимизации соотношения компонентов для различных типов адсорбата. Неправильное соотношение может снизить эффективность или повлиять на механическую стабильность. Стабильность композита в агрессивных средах. Высокие температуры, экстремальные значения pH или высокая концентрация солей могут разрушать структуру гидрогеля или изменять свойства поверхности ММТ. Масштабирование синтеза. Методы лабораторного синтеза не всегда легко переносимы на промышленный уровень, что требует дополнительной стандартизации процессов.

Вместе с тем, перспективы развития этих материалов весьма обширны: Разработка функционализированных ММТ с селективными группами для конкретных загрязнителей. Применение композитов в биомедицине для доставки лекарств и детоксикации токсинов. Использование компьютерного моделирования для прогнозирования адсорбционных изотерм и оптимизации состава композитов. Создание экологически безопасных и многоразовых адсорбентов, что особенно актуально для очистки промышленных сточных вод.

Таким образом, литература подтверждает, что композиты ПАВ–ПАА–ММТ представляют собой перспективную платформу для создания высокоэффективных адсорбентов с широким спектром применения. Ключ к

ISSN 3030-3907

их успешному использованию — это контроль структуры, соотношения компонентов и понимание механизмов адсорбции на молекулярном уровне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. На основании анализа литературы можно сделать следующие выводы: Композиты на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ), полиакриламида (ПАА) и монтмориллонита (ММТ) демонстрируют высокую адсорбционную активность благодаря синергетическому взаимодействию компонентов. ММТ обеспечивает развитую поверхность и ионный обмен, ПАА формирует гидрогельную матрицу, а ПАВ усиливает взаимодействие с органическими молекулами через мицеллярные структуры. Адсорбция в таких композитах происходит за счёт нескольких взаимосвязанных механизмов: физическая и химическая адсорбция, ионный обмен и мицеллярный захват. Эти механизмы взаимодействуют между собой, создавая высокую адсорбционную ёмкость и селективность по различным загрязнителям. Основные области применения композитов ПАВ–ПАА–ММТ включают очистку сточных вод, удаление органических и неорганических загрязнителей, каталитические процессы, биомедицинские системы доставки веществ и экологические технологии. Несмотря на значительный прогресс, остаются актуальными задачи: оптимизация состава и структуры композитов, обеспечение их стабильности в агрессивных средах, стандартизация методов синтеза и разработка композитов с селективным действием на определённые загрязнители. Перспективными направлениями исследований являются функционализация ММТ для специфической адсорбции, компьютерное моделирование процессов адсорбции и создание многоразовых экологически безопасных адсорбентов. В целом, композиты ПАВ–ПАА–ММТ представляют собой перспективную платформу для разработки высокоэффективных адсорбентов с широким спектром применения в экологии, промышленности и биомедицине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bergaya F., Lagaly G. *Handbook of Clay Science.* — Elsevier, 2013.
2. Theng B.K. *Formation and Properties of Clay-Polymer Complexes.* — Elsevier, 2012.
3. Mohan D., Pittman C. *Organic and inorganic contaminants removal by water treatment with adsorption technologies.* — 2014.
4. Mittal V. *Polymer Clay Nanocomposites: Synthesis and Characterization.* — Wiley, 2010.
5. Дьячкова А. В. *Композиты на основе монтмориллонита и полимеров*, Журнал «Материаловедение», 2019.
6. Liu Y., Zhang X., et al. *Adsorption properties of polymer-clay composites for dye removal*, Journal of Environmental Chemical Engineering, 2021.

ISSN 3030-3907

7. Zhang X., Wang L., et al. *Surfactant modified montmorillonite for contaminant adsorption*, Applied Clay Science, 2020.
8. Gupta V., Suhas, et al. *Removal of heavy metals using polymer-clay adsorbents*, Chemical Engineering Journal, 2019.
9. Zhao H., et al. *Hybrid polymer-clay materials for environmental applications*, Environmental Science & Technology, 2018.
10. Singh R., et al. *Adsorption mechanisms of polymer-modified clays*, Journal of Hazardous Materials, 2017.

ISSN 3030-3907