ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME -11

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME – 11

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ И РЕГЕНЕРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЕНТОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Тухтаев Феруз Садуллоевич
Навоийский государственный университет,
Нурназарова Гулхаё Уктамовна
Навоийский филиал Академии наук Республики Узбекистан,
Маматова Мадина Хамдилло кизи
Навоийский филиал Академии наук Республики Узбекистан,
Негматова Комила Сойибжановна
ГУ «Фан ва тараккиёт» при Ташкентском государственном техническом университете имени Ислама Каримова

Аннотация. В данной статье исследованы сорбционные и десорбционные свойства композиционных сорбентов при очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами. С целью определения возможности регенерации сорбентов после процесса динамической сорбции был изучен процесс десорбции с использованием водяного пара. По результатам исследований композиционный сорбент YAD:KOH-10 продемонстрировал высокую эффективность десорбции (91%) и сохранил сорбционную способность в течение нескольких циклов регенерации. Полученные результаты подтверждают высокую сорбционную эффективность композиционных сорбентов, возможность их повторного использования и экономическую эффективность. Также показано, что разработанные сорбенты являются конкурентоспособными по сравнению с импортируемыми сорбентами.

Ключевые слова: композиция, сорбент, лигноцеллюлоза, сырьё, нефтепродукты, сточные воды, сорбция, десорбция, регенерация, активированный уголь.

Abstract. This article investigates the sorption and desorption properties of composite sorbents used for the treatment of wastewater contaminated with petroleum products. In order to determine the possibility of sorbent regeneration after the dynamic sorption process, the desorption process using water steam was studied. According to the research results, the composite sorbent YAD:KOH-10 demonstrated high desorption efficiency (91%) and retained its sorption capacity during several regeneration cycles. The obtained results confirm the high sorption efficiency of the composite sorbents, the possibility of their repeated use, and their economic effectiveness. It was also shown that the developed sorbents are competitive compared to imported sorbents.

ISSN 3030-3907

Keywords: composite, sorbent, lignocellulose, raw material, petroleum products, wastewater, sorption, desorption, regeneration, activated carbon.

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft mahsulotlari bilan ifloslangan oqava suvlarni tozalashda qo‘llanilgan kompozitsion sorbentlarning sorbsiya va desorbsiya xossalari tadqiq etildi. Dinamik sorbsiya jarayonidan so‘ng sorbentlarni regeneratsiya qilish imkoniyatini aniqlash maqsadida suv bug‘i yordamida desorbsiya jarayoni o‘rganildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, YAD:KOH-10 kompozitsion sorbenti yuqori desorbsiya samaradorligini (91%) namoyon etdi hamda bir necha regeneratsiya sikllari davomida o‘zining sorbsiya qobiliyatini saqlab qoldi. Olingan natijalar kompozitsion sorbentlarning yuqori sorbsiya samaradorligini, ularni qayta foydalanish imkoniyatini va iqtisodiy samaradorligini tasdiqlaydi. Shuningdek, ishlab chiqilgan sorbentlarning import qilinadigan sorbentlarga nisbatan raqobatbardosh ekanligi ko‘rsatildi.

Kalit so‘zlar: kompozitsiya, sorbent, lignotsellyuloza, xomashyo, neft mahsulotlari, oqava suvlar, sorbsiya, desorbsiya, regeneratsiya, faollashtirilgan uglerod.

ВВЕДЕНИЕ.

Сточные воды, загрязнённые нефтепродуктами, являются одним из основных источников экологической опасности. Такие сточные воды содержат нефтяные фракции, органические соединения и другие вредные вещества, оказывающие негативное воздействие на естественное состояние водоёмов и почвенной среды [1, 3]. В связи с этим создание сорбционных материалов с высокой сорбционной способностью, низкой стоимостью и возможностью многократной регенерации имеет важное научно-практическое значение [2, 5]. В последние годы композиционные сорбенты, полученные на основе лигноцеллюлозного сырья, широко исследуются как перспективные материалы для адсорбции нефтепродуктов благодаря их экологической безопасности, развитой пористой структуре и высокой удельной поверхности [4, 6].

Практическая эффективность композиционных сорбентов зависит не только от их сорбционной ёмкости, но и от возможности регенерации и повторного использования [7, 8]. В частности, метод десорбции с использованием водяного пара позволяет извлекать адсорбированные нефтепродукты из структуры сорбента и обеспечивает возможность его повторного применения [9]. В связи с этим в данной работе исследованы процессы десорбции, эффективность регенерации и свойства повторного использования композиционных сорбентов, полученных на основе лигноцеллюлозного сырья, в динамических условиях, а полученные результаты подробно проанализированы в основной части работы [10].

ISSN 3030-3907

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

В исследовании использовались композиционные сорбенты, полученные на основе местного лигноцеллюлозного сырья. Для приготовления сорбентов были выбраны скорлупа арахиса, древесные опилки айланта и другие органические лигноцеллюлозные материалы. Исходное сырьё предварительно подвергалось механическому измельчению, промывке дистиллированной водой и сушке при температуре 105°C. Для химической активации образцов использовали раствор гидроксида калия (KOH). После активации материалы подвергались термической обработке при высокой температуре, в результате чего были получены композиционные сорбенты. Полученные образцы были обозначены как YAD:KOH-10, AD:KOH-10 и YP:KOH-10.

Для определения физико-химических свойств композиционных сорбентов использовались стандартные методы анализа. Содержание влаги определяли в соответствии с требованиями ГОСТ 12597–67, зольность — по ГОСТ 11022–95. Удельную поверхность и пористую структуру сорбентов оценивали методом Брунауэра–Эммета–Теллера (BET). Концентрацию нефтепродуктов в модельных сточных водах определяли согласно ГОСТ 17.1.4.01–80 и стандартным методам анализа нефтепродуктов в воде.

Эксперименты по динамической сорбции проводились в лабораторной колонной установке. В ходе эксперимента модельные сточные воды пропускались через слой сорбента с определённой скоростью потока, а концентрация нефтепродуктов на выходе контролировалась во времени. Эффективность сорбции рассчитывали по следующей формуле:

$$\eta = \frac{C_0 - C}{C_0} \times 100 \qquad (1)$$

где:

C_0 — начальная концентрация (мг/л);

C — остаточная концентрация в очищенной воде (мг/л).

Для определения регенерационных свойств сорбентов процесс десорбции осуществлялся с использованием водяного пара. Процесс проводился при температуре 100–150°C и давлении 0,1–0,3 МПа. Продолжительность десорбции составляла 30–90 минут. Степень десорбции определяли по формуле:

$$D = \frac{C_d}{C_a} \times 100 \qquad (2)$$

где:

C_a — количество вещества, адсорбированного сорбентом (мг);

C_d — количество вещества, выделившегося в процессе десорбции (мг).

ISSN 3030-3907

Полученные экспериментальные результаты были обработаны с использованием математико-статистических методов, а также проанализированы сорбционная ёмкость, эффективность десорбции и устойчивость сорбентов к повторному использованию.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.

После завершения процесса динамической сорбции был исследован процесс десорбции с целью определения возможности регенерации сорбентов. Эксперимент проводился с использованием водяного пара. Пар пропускался через слой сорбента, находящийся в колонке. Процесс осуществлялся при температуре 100–150°C и давлении 0,1–0,3 МПа. В данных условиях летучесть нефтепродуктов увеличивалась, что способствовало их выделению из пор сорбента. Существенную роль в процессе десорбции играл поток пара. Обычно расход пара составлял 1–3 кг пара на 1 кг сорбента, а продолжительность процесса — 30–90 минут. За это время пар проходил через слой сорбента и выносил адсорбированные нефтепродукты.

Кинетика процесса показала, что в первые 10–20 минут скорость десорбции была наиболее высокой, и выделялось около 60–70% общего количества адсорбата. На последующем этапе процесс замедлялся.

Образующаяся паронефтяная смесь направлялась в конденсатор и охлаждалась до 20–30°C. В результате происходило разделение водной и нефтяной фаз, что позволяло повторно собирать нефтепродукты. Общая эффективность процесса десорбции составила 80–95%. Результаты динамической десорбции представлены в таблице 1.

Таблица 1

Показатели десорбции композиционных сорбентов

Сорбенты	C_a (мг)	C_d (мг)	Степень десорбции (%)
YAD:KOH-10	45	41	91
AD:KOH-10	37,5	32	85
YP:KOH-10	35	28	80

Полученные результаты показали, что степень десорбции композиционных сорбентов находилась в пределах 80–91%, что соответствует диапазону 75–95%, приведённому в литературе для активированных углей. При этом в процессе 3–5 циклов повторного использования наблюдалось снижение сорбционной ёмкости на 10–20%, что объясняется частичным закупориванием пор и накоплением остаточных веществ. Десорбция с использованием водяного пара обеспечила высокую эффективность регенерации (80–95%) и практическое удобство для

ISSN 3030-3907

композиционных сорбентов на основе скорлупы арахиса и древесных опилок айланта. Данный метод позволяет повторно использовать сорбент и повышает экономическую эффективность технологического процесса на 20–30%.

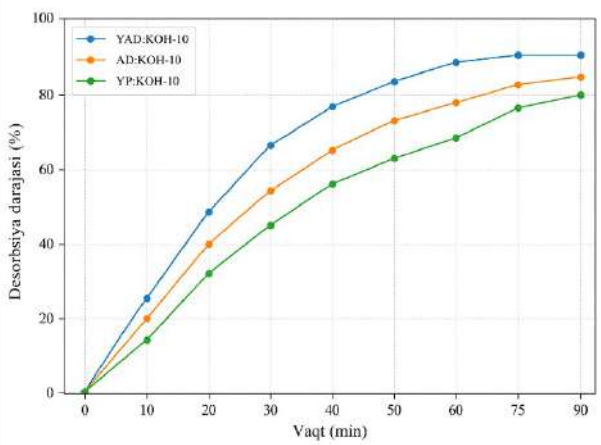


Рисунок 1. Зависимость процесса десорбции композиционных сорбентов от времени

Из графика видно, что процесс десорбции протекает в две стадии. В первые 10–20 минут процесс идёт интенсивно, при этом выделяется 60–70% адсорбированного вещества. На последующем этапе процесс замедляется, что связано с диффузией веществ из внутренних пор. Сорбент YAD:KOH-10 показал наибольшую степень десорбции (91%). Для сорбентов AD:KOH-10 и YP:KOH-10 данный показатель составил соответственно 85% и 80%.

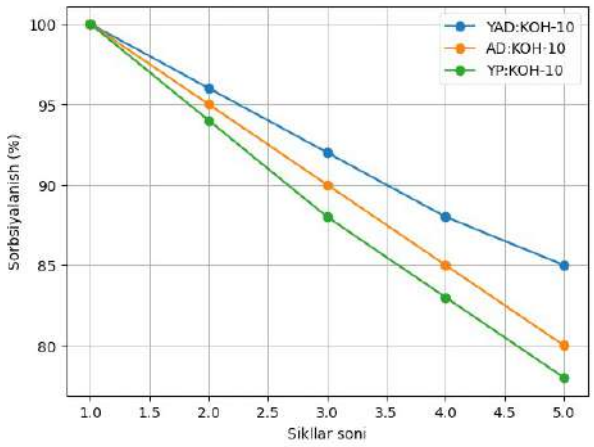


Рисунок 2. Изменение степени сорбции композиционных сорбентов по циклам повторного использования

Как видно из графика, с увеличением числа циклов степень сорбции постепенно снижается для всех сорбентов. Для оценки свойств повторного использования полученные результаты были сопоставлены с промышленными сорбентами, приведёнными в литературе. Известно, что высококачественные гранулированные активированные угли типа AquaSorb® 85 сохраняют высокую эффективность сорбции в течение

ISSN 3030-3907

нескольких циклов регенерации, обычно в пределах 85–95%. Это объясняется развитой микропористой структурой и высокой удельной поверхностью. В то же время синтетические сорбенты типа Polypropylene Oil Sorbent Pads предназначены преимущественно для одноразового использования, и при повторном применении их сорбционная способность быстро снижается.

Согласно экспериментальным результатам, композиционный сорбент YAD:KOH-10 сохранял до 85% сорбционной способности после пяти циклов эксплуатации, демонстрируя результаты, близкие к промышленным активированным углям. Для сорбентов AD:KOH-10 и YP:KOH-10 данный показатель составил соответственно 80% и 78%. Это свидетельствует о достаточной устойчивости композиционных сорбентов к повторному использованию и в ряде случаев об их преимуществах по сравнению с синтетическими сорбентами.

Полученные композиционные сорбенты были сопоставлены с импортируемыми в Узбекистан сорбентами AquaSorb® 85 и Polypropylene Oil Sorbent Pads по сорбционным свойствам, устойчивости к агрессивным средам и другим характеристикам. Результаты сравнения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Сравнительные характеристики композиционных и импортируемых сорбентов

Наименование	**Удельная поверхность (м²/г)**	**Пористость (%)**	**Прочность (%)**	**Степень набухания (%)**	**Степень сорбции нефтепродуктов (мг/г)**
AquaSorb® 85	1000	70	95	8	11
Polypropylene Oil Sorbent Pads	15–40	85	90	30	15
YAD:KOH-10	1300	75	95	15	11

Полученные результаты показали, что композиционный сорбент YAD:KOH-10 является конкурентоспособным по основным физико-химическим показателям по сравнению с импортируемыми сорбентами. В частности, его удельная поверхность составляет 1300 м²/г, что превышает показатель AquaSorb® 85 и обеспечивает большое количество активных

ISSN 3030-3907

сорбционных центров. По степени сорбции нефтепродуктов он продемонстрировал результаты, сопоставимые с промышленными активированными углями. Высокая механическая прочность подтверждает устойчивость сорбента к агрессивным средам. Несмотря на несколько меньшую сорбционную ёмкость по сравнению с полимерными сорбентами, важными преимуществами материала являются экологическая безопасность, регенерируемость и получение из местного сырья. В связи с этим композиционный сорбент YAD:KOH-10 рекомендуется в качестве эффективного импортозамещающего и экономически целесообразного материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В данной работе были исследованы сорбционные и регенерационные свойства композиционных сорбентов, полученных на основе местного лигноцеллюлозного сырья, при очистке сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами. Результаты исследований показали, что разработанные композиционные сорбенты обладают высокой сорбционной эффективностью, при этом образец YAD:KOH-10 продемонстрировал наилучшие результаты благодаря развитой мезопористой структуре и большой удельной поверхности. В динамических экспериментах по сорбции данный сорбент эффективно адсорбировал нефтепродукты.

Использование водяного пара в процессе десорбции обеспечило эффективную регенерацию сорбентов. Установлено, что степень десорбции находилась в пределах 80–91%. Сохранение высокой сорбционной способности после нескольких циклов регенерации подтверждает перспективность данных материалов для практического применения. Кроме того, физико-химические показатели разработанных композиционных сорбентов оказались конкурентоспособными по сравнению с импортируемыми промышленными сорбентами.

На основании полученных результатов установлено, что композиционные сорбенты, полученные на основе лигноцеллюлозного сырья, могут быть использованы для очистки сточных вод, загрязнённых нефтепродуктами, в системах водоочистки промышленных предприятий, а также в качестве экологически безопасных импортозамещающих сорбционных материалов.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРА

1. Marsh H., Rodríguez-Reinoso F. Activated Carbon. — London: Elsevier Science, 2006. — 536 p.
2. Foo K.Y., Hameed B.H. Insights into the modeling of adsorption isotherm systems // Chemical Engineering Journal. — 2010. — Vol. 156. — P. 2–10.

ISSN 3030-3907

3. Ali I., Asim M., Khan T.A. Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater // Journal of Environmental Management. — 2012. — Vol. 113. — P. 170–183.
4. Ioannidou O., Zabaniotou A. Agricultural residues as precursors for activated carbon production — A review // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2007. — Vol. 11. — P. 1966–2005.
5. Gupta V.K., Suhas. Application of low-cost adsorbents for dye removal — A review // Journal of Environmental Management. — 2009. — Vol. 90. — P. 2313–2342.
6. Bhatnagar A., Sillanpää M. Utilization of agro-industrial and municipal waste materials as potential adsorbents for water treatment — A review // Chemical Engineering Journal. — 2010. — Vol. 157. — P. 277–296.
7. Tan I.A.W., Ahmad A.L., Hameed B.H. Preparation of activated carbon from coconut husk: Optimization study on removal of 2,4,6-trichlorophenol using response surface methodology // Journal of Hazardous Materials. — 2008. — Vol. 153. — P. 709–717.
8. Demirbas A. Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueous solutions: A review // Journal of Hazardous Materials. — 2009. — Vol. 167. — P. 1–9.
9. ASTM D2867–17. Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon. — ASTM International, 2017.
10. ГОСТ 17.1.4.01–80. Охрана природы. Гидросфера. Методы определения нефтепродуктов в водах. — Москва: Издательство стандартов, 1980.

ISSN 3030-3907