ISNN 3030-3907

2026
MAY
ISSUE - 5
VOLUME - 2

DEVELOPMENT OF SCIENCE

scientific journal



Development of science

Ilmiy jurnal

MAY 2026
Issue - 5, VOLUME - 2

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

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ БИОСОРБЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ВОДОРОСЛЕЙ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТЕРРИТОРИИ УЗБЕКИСТАНА

Дониёров К.А.
Аспирант Навоийского государственного горного и технологического университета. https://orcid.org/0000-0001-9671-9260
Шодикулов Ж.М.
Доцент Навоийского государственного горного и технологического университета https://orcid.org/0000-0003-0024-6804
Бердиёрова Л.Ш.
Магистрант Навоийского государственного горного и технологического университета

Аннотация. В работе представлены результаты исследования сорбционных свойств биосорбента, полученного из водоросли Spirogyra, широко распространённой на территории Узбекистана. Цель исследования заключалась в определении влияния времени контакта и скорости перемешивания на эффективность адсорбции органических загрязнителей, моделируемых раствором метиленового красного. В качестве метода получения биосорбента применялась химическая активация с использованием раствора NaOH. Экспериментальные исследования показали, что оптимальные условия биосорбции достигаются при pH 6–6,5, скорости перемешивания 120 об/мин, концентрации 10 мг/л и времени контакта 2 часа. Адсорбционная ёмкость биосорбента составила 69,1 мг/г. Установлено, что повышение скорости перемешивания и увеличение времени выдержки раствора значительно увеличивают степень сорбции. Полученные результаты демонстрируют перспективность использования местных биоресурсов как эффективных и низкозатратных материалов для очистки сточных вод.

Ключевые слова: водоросли, химическая активация, биосорбент, сорбционные свойства, время контакта, степень перемешивания.

Abstract. This paper presents the results of a study on the sorption properties of a biosorbent derived from the *Spirogyra* alga, which is widely distributed in Uzbekistan. The aim of the research was to determine the effect of contact time and agitation speed on the adsorption efficiency of organic pollutants, modeled by a methyl red solution. Chemical activation using a NaOH solution was applied as the method for preparing the biosorbent. Experimental studies showed that optimal biosorption conditions are achieved at a pH of 6.0–6.5, an agitation speed of 120 rpm, an initial concentration of 10 mg/L, and a contact time of 2 hours. The adsorption capacity of the biosorbent was 69.1 mg/g. It was established that

ISSN 3030-3907

an increase in agitation speed and an extension of the contact time significantly enhance the degree of sorption. The obtained results demonstrate the prospects of using local bioresources as efficient and low-cost materials for wastewater treatment.

Keywords: algae, chemical activation, biosorbent, sorption properties, contact time, agitation speed.

Annotatsiya. Ushbu ishda O‘zbekiston hududida keng tarqalgan *Spirogyra* suv o‘tidan olingan biosorbentning sorbsion xususiyatlarini tadqiq qilish natijalari taqdim etilgan. Tadqiqotning maqsadi metil qizili eritmasi modelida organik ifloslantiruvchi moddalarning adsorbsiya samaradorligiga kontakt vaqti va aralashtirish tezligining ta'sirini aniqlashdan iborat edi. Biosorbentni olish usuli sifatida NaOH eritmasidan foydalangan holda kimyoviy aktivatsiyalash qo‘llanildi. Eksperimental tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, biosorbsiyaning optimal sharoitlariga pH 6.0–6.5, aralashtirish tezligi 120 ayl/min, konsentratsiya 10 mg/l va kontakt vaqti 2 soat bo‘lganda erishiladi. Biosorbentning adsorbsion sig‘imi 69,1 mg/g ni tashkil etdi. Aralashtirish tezligini oshirish va eritmani ushlab turish vaqtini uzaytirish sorbsiya darajasini sezilarli darajada oshirishi aniqlandi. Olingan natijalar mahalliy bioresurslardan oqova suvlarni tozalash uchun samarali va arzon materiallar sifatida foydalanish istiqbolli ekanligini namoyish etadi.

Kalit so‘zlar: suv o‘tlari, kimyoviy aktivatsiyalash, biosorbent, sorbsion xususiyatlar, kontakt vaqti, aralashtirish tezligi.

ВВЕДЕНИЕ.

Загрязнение водных ресурсов органическими веществами, включая пестициды, инсектициды и красители, является одной из глобальных экологических проблем. Усиление требований к качеству очистки сточных вод стимулирует поиск новых, доступных и экологичных адсорбентов [1]. Биосорбенты, полученные из природных материалов, представляют большой интерес благодаря их низкой стоимости, доступности и высокой плотности функциональных групп [2].

На территории Узбекистана водоросль Spirogyra («бака тун») широко распространена в стоячих и слаботекущих водоёмах. Её структура, богатая гидроксильными и карбоксильными группами, делает её перспективным сырьём для получения биосорбентов. Несмотря на наличие исследований по биосорбции, влияние параметров процесса, таких как время контакта и интенсивность перемешивания, изучено недостаточно [3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.

Для определения объема адсорбции полученного сорбента была приготовлена 100 мл раствора метиленового красного с концентрацией 50

ISSN 3030-3907

мг/л. Поскольку в составе метиленового красного присутствует электроотрицательный ион Cl^-, изучалось его поглощение биосорбентом, обработанным 50 мг NaOH. После добавления сорбента в раствор метиленового красного и выдерживания в течение 24 часов наблюдалось заметное снижение интенсивности окраски раствора.

Для определения остаточной концентрации метиленового красного использовался прибор UV-Vis, посредством которого измерялось поглощение света. Остаточная концентрация метиленового красного рассчитывалась по формуле:$Ct = \frac{A-b}{m}$ где:

A — оптическая плотность раствора (измерялась при длине волны 528 нм для метиленового красного);

C — концентрация метиленового красного (мг/л);

m — коэффициент наклона калибровочной кривой;

b — относительная погрешность.

Для определения объема адсорбции использовалось выражение: $q_e=\frac{(C0-Ce)V}{m}$

где:

q_e — величина адсорбции (количество метиленового красного, приходящееся на 1 г сорбента, мг/г);

V — объем раствора (л);

m — масса биосорбента (г);

C_e — равновесная концентрация метиленового красного после адсорбции (мг/л);

Зависимость сорбционных свойств биосорбента от степени перемешивания. Для определения сорбционных свойств полученного биосорбента был приготовлен раствор метиленового красного (концентрация 10 мг/л) в качестве органического загрязнителя. В 50 мл раствора добавляли 0,3 г биосорбента и проводили перемешивание при частотах 100 об/мин, 400 об/мин, 850 об/мин и 1700 об/мин. Смеси выдерживали в течение 30 минут.

После завершения процесса сорбент был извлечён из раствора, а профильтрованный раствор подвергнут анализу с использованием UV-Vis спектрофотометра для определения концентрации органических остатков. На приведённом ниже графике показана зависимость между полученными результатами.

Зависимость сорбционных свойств биосорбента от времени контакта. Для изучения зависимости сорбционных свойств полученного биосорбента от времени взаимодействия с веществами в растворе

ISSN 3030-3907

биосорбент добавляли в раствор метиленового красного (10 мг/л) в качестве органического загрязнителя и выдерживали без перемешивания в течение различных промежутков времени — 1, 2, 3, 4 и 5 часов.

РЕЗУЛЬТАТЫ.

Адсорбционная способность биосорбента. После адсорбции значение оптической плотности составило A = 0.350. Исходя из полученных данных, остаточная концентрация метиленового красного рассчитывается следующим образом:

$$Ct = \frac{A - b}{m} = \frac{0.350 - 0.01}{0.022} = 15.45 \frac{mg}{L}$$

Полученная величина адсорбции – 69,1 мг/г – свидетельствует о высокой эффективности сорбента, активированного NaOH.

Влияние степени перемешивания. Эксперимент показал, что увеличение скорости перемешивания способствует росту степени сорбции, что объясняется улучшением массообменных процессов между частицами сорбента и раствора.



Рис. 1. Зависимость степени сорбции биосорбента от скорости перемешивания.

Влияние времени контакта. Установлено, что максимальная степень сорбции достигается при времени контакта 5 часов, что указывает на постепенное насыщение сорбента. Полученные результаты представлены в виде графика (см. Рис. 2).

ISSN 3030-3907

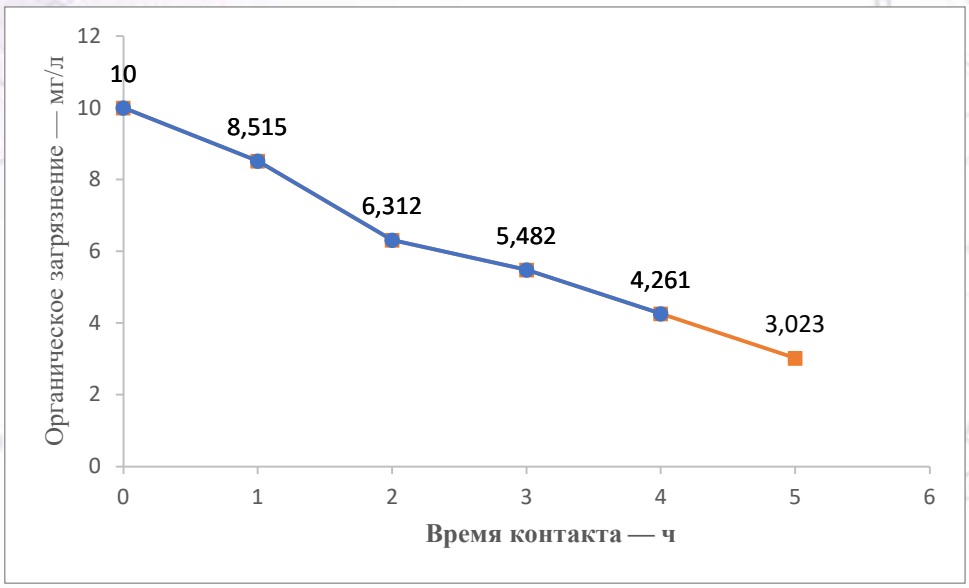


Рис. 2. Зависимость степени сорбции биосорбента от времени контакта.

Полученные результаты показывают, что процессы биосорбции *Spirogyra*-сорбента зависят от кинетических характеристик среды. Рост скорости перемешивания повышает интенсивность переноса молекул загрязнителя к активным поверхностям биосорбента. Увеличение времени контакта обеспечивает диффузию красителя во внутренние поры частиц. С практической точки зрения использование водоросли *Spirogyra* в качестве доступного биосорбента является экономически выгодным направлением для локальных систем очистки сточных вод.

Синхронный термический анализ (СТА). Синхронный термический анализ (СТА), объединяющий термогравиметрический анализ (ТГА) и дифференциальную сканирующую калориметрию (ДСК), применялся для изучения термической стабильности и температур разложения синтезированных биосорбентов. Зависимость потери массы биосорбента от температуры (ТГА) в основном отражает стадии разложения таких компонентов биомассы, как целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин [8]. Данные ДСК предоставляют информацию об экзотермических и эндотермических переходах, отражающих структурные изменения внутри биосорбента.

Термическое разложение биосорбента, полученного методом кислотной обработки, протекало преимущественно в три стадии. Первая стадия, в интервале температур 65–187 °C, связана в основном с потерей влаги, содержащейся в биосорбенте. Общая потеря массы на данном этапе составила 4,35 %.

ISSN 3030-3907

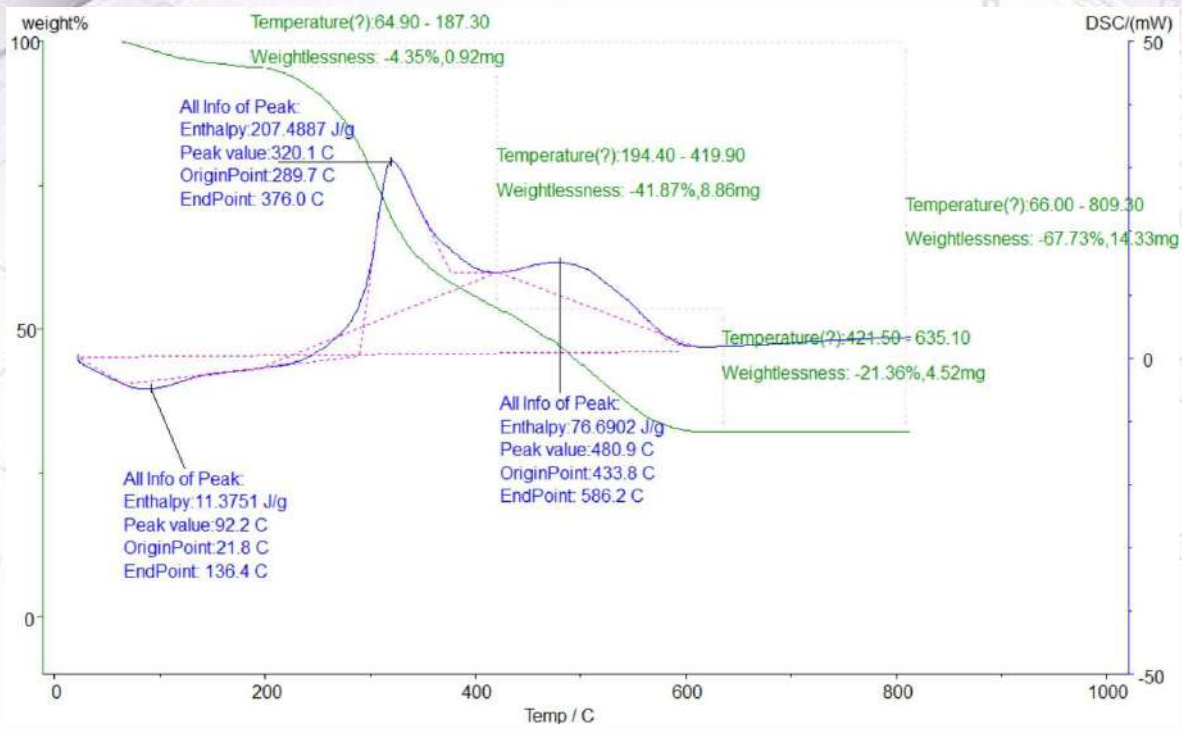


Рис. 1. Результаты синхронного термического анализа (СТА) биосорбента, полученного путем кислотной обработки спирогиры.

Вторая стадия термической деструкции наблюдалась при температуре 194–420 °C. Потеря массы на данном этапе составила 41,87 % и произошла за счет дегидратации органической части биосорбента: целлюлозы, гемицеллюлозы и белков. На последней стадии снижение массы составило 21,36 %. Данный процесс протекал в диапазоне 421–635 °C и был обусловлен окислением относительно термостабильного лигнина и остаточной биомассы. На основании полученных термограмм можно сделать вывод, что основу биосорбента, полученного из водорослей, составляют остатки целлюлозы и лигниновые вещества.

Для сравнительного анализа был исследован второй тип биосорбента, полученный путем щелочной обработки спирогиры. В данном случае термическое разложение происходило в четыре стадии. На первой стадии наблюдалась потеря воды, содержащейся в сорбенте; установлено, что данный образец удерживает больше влаги по сравнению с кислотно-модифицированным аналогом. В интервале 27–155 °C потеря массы составила 10,7 %.

ISSN 3030-3907

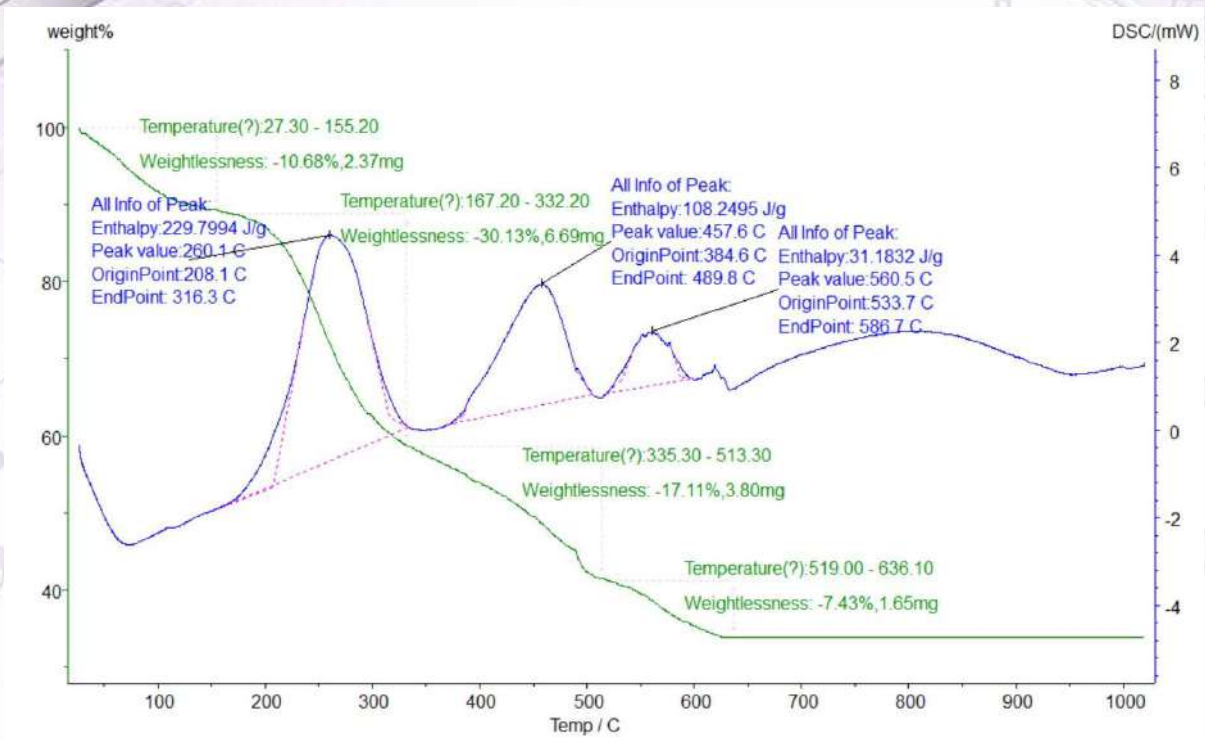


Рис. 2. Результаты синхронного термического анализа (СТА) биосорбента, полученного путем щелочной обработки спирогиры.

Разложение органических веществ в составе щелочного биосорбента происходило в температурном диапазоне 167–332 °C. Данный процесс сопровождался сильной эндотермической реакцией с энтальпией 229,8 Дж/г. Снижение массы, составившее 30,13 %, обусловлено разложением гемицеллюлозы и части целлюлозы. Дальнейшая деструкция лигнина и углеродных остатков протекала в интервале 335–636 °C, где общая потеря массы составила 24,5 %.

ИК-Фурье спектроскопия (FTIR). ИК-Фурье спектроскопия (FTIR) биосорбента, полученного при обработке сухого остатка спирогиры раствором HCl, выявила области поглощения, характерные преимущественно для четырех групп соединений: полисахаридов, липидов, белков и лигниновых веществ, содержащих ароматические кольца.

ISSN 3030-3907

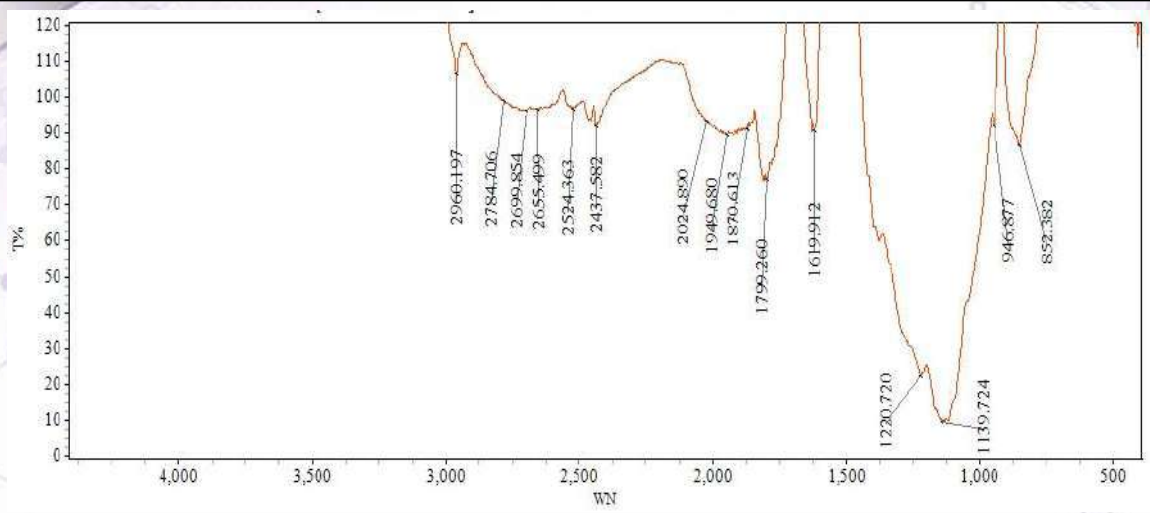


Рис. 3. ИК-спектр биосорбента, полученного при обработке спирогиры HCl.

Интенсивные полосы поглощения, зафиксированные в области 1220–1139 $см^{-1}$, свидетельствуют о том, что основу сорбента составляют полисахариды. Поглощение в диапазоне 1600–1700 $см^{-1}$ относится к деформационным колебаниям связи N-H и валентным колебаниям связи C=O белков, присутствующих в сухой массе. Пики поглощения в областях 2990–2850 $см^{-1}$ и 1740–1790 $см^{-1}$ соответствуют валентным колебаниям связи C-H и связи C=O сложноэфирных групп соответственно. Высокая эффективность биосорбента обусловлена его химическим составом. Данные СТА и FTIR анализа подтверждают наличие пористой структуры и функциональных групп (целлюлоза, лигнин, белковые фрагменты), которые активно взаимодействуют с органическими молекулами загрязнителя. Таким образом, использование химически активированной биомассы *Spirogyra* является перспективным и экономически оправданным методом для очистки сточных вод от органических красителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Said Ali, A., & Khairunnisa, K. (2024). Seaweed-based biosorbent for the removal of organic and inorganic contaminants from water: A systematic review. BIO Web of Conferences, 02011.
2. Alam, A., Hassan, A., Sultana, Z., & Das, N. (2025). Natural polymer-based bioadsorbents for wastewater treatment. RSC Sustainability.
3. Discover Sustainability. (2025). The versatility and effectiveness of bioadsorbents in the removal of chemical pollutants from water: Adsorption mechanisms, optimization by ANN and RSM, SWOT analysis, and contribution to the 3rd and 6th Sustainable Development Goals. Discover Sustainability, 971.

ISSN 3030-3907