

ISSN 2091-5527

№ 2/2026

Ўзбекистон

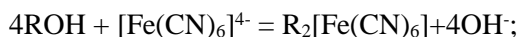
# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



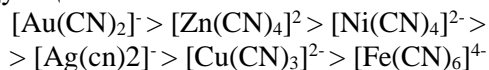
Ўзбекский научно-технический и производственный журнал

**Композиционные материалы**



Проведенные реакции снижают емкость смолы по золоту. На смоле также собираются анионы  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ .

Для большинства анионитов порядок сорбции комплексных анионов металлов следующий:



Основной фактор, определяющий место аниона в этом ряду, величина энергии гидратации иона: с ее уменьшением сродство аниона возрастает. Энергия гидратации зависит от заряда и радиуса иона: с уменьшением заряда и увеличением радиуса она уменьшается. Ряд сродства анионов металлов такой же, как и ряд сорбции.

При переработке золотосодержащих руд с рядовым содержанием металла (3-5 г/т) емкость насыщенного ионита находится в пределах 5-20 мг/г. Плотность пульпы в этом процессе 50 - 60 % твердого. Процесс ведут при концентрации цианида 0,01 - 0,02 %, т.е. значительно ниже, чем при других способах цианирования.

Процесс ведут при pH 10-11. В качестве сорбента на отечественных предприятиях применяют макропористый бифункциональный анионит АМ-2Б, который имеет повышенную емкость и селективность к золотоцианистому комплексу, легко регенерируется, обладает высокой механической прочностью. Расход ионита 10-20 г на 1 т выщелачиваемой руды.

**Заключение.** Анализ литературных данных показывает, что в настоящее время проводится большое количество исследований по разработке как композиционных химических флотореагентов, так и ионообменных сорбентов и технологических схем сорбционного извлечения цветных, благородных и редких металлов из многокомпонентных растворов и пульп в металлургии. В металлургической промышленности, особенно, в производстве цветных, благородных, тугоплавких и редких металлов, основное количество металла полностью извлекается с помощью как ионообменных сорбентов, так и композиционных химических флотореагентов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдман Г.М., Зуев В.Н., Румянцев В.К., Кулакова В.В., Суминова Р.И. Исследование закономерностей сорбции молибдена анионитом ВП-1П. - Цветные металлы, 1989, №7, с.100-102.
2. Б.Н. Ласкорин, Г.Н. Никульская, К.Ф. Перельгина и др, Аниониты на основе винилпиридинов. В кн, Производство и переработка пластмасс и синтетических смол. М. НИИПМ, 1977. №16, С. 16-19.
3. А.С. 332097 (СССР), Б.Н. Ласкорин, П.Г. Иоанискани, А.И. Зорина и др, Способ получения макропористых сополимеров. Оpubл. в Б.И., 1972, №10.
4. Б.Н. Ласкорин. Н.Г Жукова, В.А. Голдобина и др, Синтез и сорбционные свойства полифункциональных ионитов. Пластические массы, 1976г, №9, с. 8-10.
5. Б.Н. Ласкорин, Б.Д. Чернокальский Н.П. Ступин и др, Синтез мышьяксодержащих ионитов на полистрольной основе, Журнал органической химии, 1978, №5, с. 1088-1092.
6. Кондруцкий Д.А., Гаджиев Г.Р., Пономаренко И.В., Третьяков В.А., Машаров М. Т., Способ получения сорбента для извлечения ионов золота. Оpubл. 2019.07.19. Патентообладатели: АО "Аксион - Редкие и Драгоценные Металлы" (RU)
7. Б.Н. Ласкорин, Г.И. Садорников, Л.Н. Петрова и др, Селективные по золоту иониты. Журнал по прикладной химии. 1974. т.47, №3, с. 1747-1751.
8. Зорина А.И., Балановский Н.В., Мятковская О. Н. и др. Способ получения легко регенерируемого ионита. Оpubл. 2013.09.27. Патентообладатели: Открытое акционерное общество "Ведущий научно-исследовательский институт химической технологии" (RU)
9. Каттаев Н.Т и др. Синтез и физико-химические свойства гранулированных ионитов на основе акрилонитрила. Национальный Университет Узбекистана, Ташкент – 2018 г. с. 31-34 и 53.

УДК: 544.723

### ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗОТЕРМИЧЕСКИХ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ АДСОРБЦИОННОГО ПРОЦЕССА В КОМПОЗИЦИОННЫХ СОРБЕНТАХ

**Нурназарова Гулхайё Уктамовна, Тухтаев Феруз Садуллоевич, Негматова Комила  
Сойибжановна, Уктамова Фотима Алишеровна, Уктамова Зухра Алишеровна**

*Навоийское отделение Академии наук Республики Узбекистан, Ташкентский государственный технический университет, ГУ «Фан ва тараккиёт», Навоийский государственный университет*

**Аннотация.** В данной работе исследованы изотермические закономерности адсорбционного процесса в композиционных сорбентах. В качестве сорбентов использованы композиционные материалы, полученные на основе скорлупы арахиса и древесных опилок айланта. Эффективность адсорбционного процесса оценивалась на основе экспериментальных данных, полученных при различных начальных концентрациях, с определением равновесной концентрации и сорбционной ёмкости. Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности композиционных

сорбентов и возможности их применения в качестве перспективных адсорбентов для очистки сточных вод от нефтепродуктов.

**Ключевые слова:** композиция, сорбент, ИК-спектроскопия, лигноцеллюлоза, химическая активация, сорбция, ионообмен, структура, углерод,  $ZnCl_2$ ,  $KOH$ ,  $H_3PO_4$ .

**Введение.** В настоящее время вопросы охраны окружающей среды, особенно очистки водных ресурсов от нефтепродуктов и других органических загрязнителей, являются крайне актуальными. В этой связи особое значение приобретает разработка эффективных сорбционных материалов и исследование их адсорбционных свойств.

Композиционные сорбенты представляют собой материалы, полученные путем сочетания нескольких компонентов, и характеризуются высокой удельной поверхностью, развитой пористой структурой и наличием активных центров. Эти свойства обеспечивают их высокую эффективность в процессах адсорбции.

Целью данной работы является изучение изотермических закономерностей адсорбционного процесса в композиционных сорбентах и оценка их эффективности.

**Материалы и методики.** В работе в качестве сорбентов использованы композиционные материалы, полученные на основе скорлупы арахиса и древесных опилок айланта. Исходное сырьё предварительно подвергалось механической очистке от примесей и промывке дистиллированной водой. Затем материалы высушивались при температуре  $105^\circ C$  до постоянной массы, измельчались и просеивались до получения необходимой фракции. Для повышения

сорбционных свойств материалы подвергались химической активации в щелочной среде. Для этого образцы обрабатывались раствором  $KOH$  в заданном соотношении и выдерживались в течение определённого времени. После импрегнации материал высушивался и подвергался термической обработке при температуре  $400-600^\circ C$ . Полученные сорбенты промывались дистиллированной водой до нейтрального pH и повторно высушивались. Адсорбционные эксперименты проводились в статических условиях (batch-метод) при лабораторной температуре.

Для теоретического описания процесса использованы модели Langmuir isotherm и Freundlich isotherm. Для модели Лэнгмюра использовалась линейная форма  $(C_e/q_e - C_e)$ , для модели Фрейндлиха — логарифмическая форма  $(\ln q_e - \ln C_e)$ . Параметры моделей ( $q_{max}$ ,  $KL$ ,  $KF$ ,  $n$ ) определялись методом регрессионного анализа, а степень соответствия моделей экспериментальным данным оценивалась по коэффициенту корреляции ( $R^2$ ).

#### Результаты и обсуждение.

Экспериментальные исследования показали, что для изучения изотерм адсорбции на основе опытов, проведённых при различных начальных концентрациях, были определены значения равновесной концентрации и сорбционной ёмкости.

Таблица 1

Результаты изотерм адсорбции композиционных сорбентов при различных концентрациях

$C_0$ (мг/л)	$C_e$ (мг/л) YAD:KOH-10	$q_e$ (мг/г) YAD:KOH-10	$C_e$ (мг/л) AD:KOH-10	$q_e$ (мг/г) AD:KOH-10	$C_e$ (мг/л) YP:KOH-10	$q_e$ (мг/г) YP:KOH-10
50	8	4.2	12	3.6	15	3.2
100	18	8.2	25	6.9	30	6.4
150	35	11.5	45	9.6	52	8.8
200	60	14.0	72	11.7	80	10.8
250	90	16.0	105	13.3	115	12.3
300	125	17.8	145	14.8	160	13.8
350	165	19.4	185	16.2	205	15.0

Из таблицы видно, что с увеличением начальной концентрации наблюдается рост сорбционной ёмкости всех сорбентов. Это свидетельствует об интенсивном протекании процесса адсорбции за счёт активных центров на поверхности сорбента.

Наибольшая сорбционная ёмкость наблюдается у сорбента YAD:KOH-10, где максимальное значение составило  $19,4$  мг/г. Для сорбентов AD:KOH-10 и YP:KOH-10 данный показатель составил  $16,2$  мг/г и  $15,0$  мг/г соответственно.

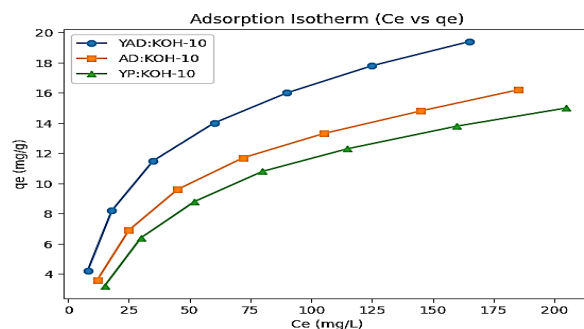


Рис. 1. Изотермы адсорбции композиционных сорбентов ( $C_e - q_e$ )

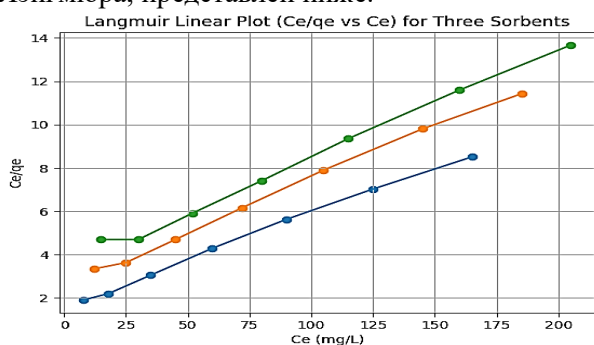
Из графика видно, что с увеличением концентрации адсорбционная ёмкость возрастает, однако при высоких концентрациях процесс замедляется и приближается к равновесному состоянию. Это объясняется постепенным насыщением активных центров на поверхности сорбента.

Анализ графика показал, что эффективность адсорбции уменьшается в следующем порядке:

**YAD:KOH-10 > AD:KOH-10 > YP:KOH-10**

**Модель изотермы Лэнгмюра.** Модель Лэнгмюра предполагает, что адсорбция происходит на энергетически однородных активных центрах поверхности сорбента и носит мономолекулярный характер.

График, соответствующий модели Лэнгмюра, представлен ниже.



**Рисунок 2. Линейная форма изотермы Лэнгмюра ( $C_e/q_e - C_e$ )**

По результатам расчётов параметры модели Лэнгмюра приведены в таблице 2.

**Таблица 2**

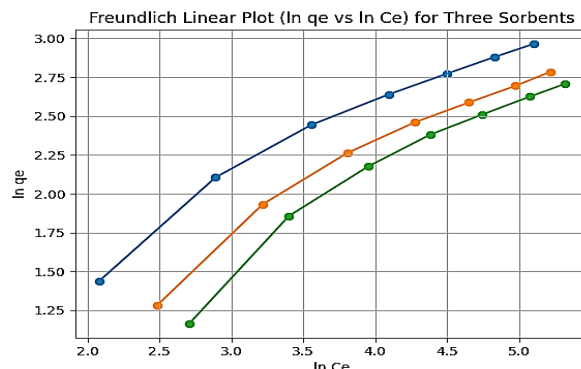
**Параметры модели Лэнгмюра для композиционных сорбентов**

Сорбенты	$q_{max}$ (мг/г)	$KL$	$R^2$
YAD:KOH-10	23,24	0,027	0,997
AD:KOH-10	19,10	0,021	0,992
YP:KOH-10	17,60	0,019	0,988

Как видно из результатов, сорбент YAD:KOH-10 обладает наибольшей максимальной адсорбционной ёмкостью, что указывает на хорошо развитую пористую структуру. Значения коэффициента корреляции модели Лэнгмюра ( $R^2=0,988-0,997$ ) свидетельствуют о высоком соответствии экспериментальным данным. Это подтверждает, что адсорбция протекает преимущественно по механизму мономолекулярного слоя.

**Модель изотермы Фрейндлиха.** Модель Фрейндлиха описывает адсорбцию на энергетически неоднородных поверхностях и применяется для многоуровневой (многослойной) адсорбции.

График модели Фрейндлиха представлен ниже.



**Рис. 3. График Фрейндлиха ( $\ln q_e - \ln C_e$ )**

Расчитанные параметры приведены в таблице 3.

**Таблица 3**

**Параметры модели Фрейндлиха**

Сорбенты	$KF$	$n$	$R^2$
YAD:KOH-10	1,82	2,07	0,958
AD:KOH-10	1,54	1,96	0,951
YP:KOH-10	1,42	1,88	0,946

Значения  $n > 1$  указывают на благоприятность процесса адсорбции. Это подтверждает, что для всех исследованных сорбентов процесс адсорбции является термодинамически выгодным.

**Заключение.** Таким образом, адсорбция нефтепродуктов на композиционных сорбентах лучше описывается моделью Лэнгмюра. Проведённые исследования показали, что сорбент YAD:KOH-10 обладает наибольшей адсорбционной эффективностью. Максимальная сорбционная ёмкость по модели Лэнгмюра составила 23,24 мг/г. Значения  $n > 1$  в модели Фрейндлиха подтвердили благоприятность процесса адсорбции.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что композиционные сорбенты могут эффективно использоваться для очистки сточных вод от нефтепродуктов и являются перспективными адсорбционными материалами..

#### ЛИТЕРАТУРА

- Irving Langmuir. The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum // Journal of the American Chemical Society. – 1918. – Vol. 40. – P. 1361–1403.
- Herbert Freundlich. Über die Adsorption in Lösungen // Zeitschrift für Physikalische Chemie. 1906. Vol. 57. P. 385–470.
- D. Mohan, C. U. Pittman Jr.. Activated carbons and low cost adsorbents for remediation of tri- and hexavalent chromium from water // Journal of Hazardous Materials. – 2006. – Vol. 137. – P. 762–811.
- M. Rafatullah et al. Adsorption of pollutants using biomass-based adsorbents: A review // Journal of Hazardous Materials. – 2010. – Vol. 177. – P. 70–80.
- Y. S. Ho, G. McKay. Sorption of dye from aqueous solution by peat // Chemical Engineering Journal. – 1998. – Vol. 70. – P. 115–124.

<b>Шернаев А.Н, Негматов С.С., Усенова Г.С., Гулямов Г.</b> Методология исследования структуры и триботехнических характеристик антифрикционных древесно-полимерных композитов .....	54
<b>Xusanov N.A., Rajerova M.</b> Kesuvchi materiallarga vakuumda CVD va PVD usulida qoplama qoplash texnologiyasi .....	56
<b>Berdiyev Sh.A., Cho‘lliyev Z.F., Hamdamov D.H.</b> Detallarni azotlash so‘ngra oksidlash bilan kompozit nitrid-oksidi qoplamalarini olish usuli .....	58
<b>Mardanova Y.O’., Kamalova D.I., Abed N.S.</b> Yarim elektr o‘tkazuvchi kompozitsion polimer materiallarning elektr o‘tkazuvchanlikning xossalari tadqiq etish .....	60
<b>Раззоков Х.Қ., Амонов М.Р.</b> Табиий сапропел минералини механик майдаланиш даражасининг поралар умумий ҳажми ўзгаришига таъсири .....	63

### 3. Разработка и технология получения композиционных материалов

<b>Косимов Ш.Б., Абед Н.С., Негматов Ж.Н.</b> Исследование и разработка технологии получения композиционных полипропиленовых материалов и колковых деталей из них для применения в рабочих органах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов .....	65
<b>Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И.</b> Разработка научно-методических принципов и инновационной технологии получения композиционных химических ингибиторов на основе местного сырья и отходов производств..	68
<b>Inog‘omov S.Y., Asrorov U.A.</b> Natriy–karboksimetiltellyuloza va poliakrilamid asosida interpolimer kompleksini olinish texnologiyasi .....	70
<b>Бердиев Ш.И., Эркабаев Ф.И., Абдулакимов И.Ф., Шокиров А.П., Эсанбаев Ф.И.</b> Получение Н-пермутита .....	73
<b>Талипов Н.Х., Панжиев О.Х., Салимова С.А., Абед Н.С., Икрамова М.Э.</b> Разработка технологии получения тампонажных композиционных материалов на основе местного сырья и отходов производств, и растворов из них .....	76
<b>Хамдамова Ч.Х., Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Бекпулатов Х.О., Абед Н.С.</b> Способы переработки золы от сжигания энергетических углей и перспективы комплексного использования золошлаковых отходов Ангренской ТЭС .....	77
<b>Xasanova S.X., Shamanov Sh.X.</b> Birlamchi va ikkilamchi polietilentereftalat asosida olingan kompozitsion kalavani bo‘yash jarayonini tadqiq etish .....	80
<b>Эшдавлатова Г.Э., Исмаилова Х.Дж.</b> Эффективность работы пеногасителей на основе ЭО-ПО-ПДМС в растворах диэтанолamina .....	82
<b>Негматов С.С., Эрниева Н.Б., Негматов Ж.Н., Негматова К.С., Бозоров Д., Курбонов У.М., Абед Н.С., Икрамова М.Э., Бозоров А.Н., Раупова Д.Н.</b> О развитии металлургической промышленности в области извлечения цветных, благородных и редких металлов .....	86
<b>Нурназарова Г.У., Тухтаев Ф.С., Негматова К.С., Уктамова Ф.А., Уктамова З.А.</b> Исследование изотермических закономерностей адсорбционного процесса в композиционных сорбентах .....	91
<b>Умиров Ф.Э., Шодиева М.С., Номозова Г.Р.</b> Получение дефолианта на основе хлората магния, содержащего поверхностно-активные вещества .....	94
<b>Джумаева М.С.</b> Физико-химические основы крашения хлопчатобумажной тканей растворами металлокомплексными соединениями .....	96
<b>Qoraboyeva N.M., Gafurova D.A., Qurbonov H.G., Ikramova S.M., Rustamov M.K.</b> Xlorlangan polivinilxlorid asosida anionitning olinishi .....	99

### 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

<b>Номозов С.С., Негматов С.С., Негматова К.С., Икрамова М.Э., Абед Н.С., Рахимов Х.Ю., Жовлиев Ш.Х., Абдуганиев А.И.</b> Исследование физико-химических свойств органоминеральных ингредиентов на основе местного сырья и отходов производств и разработка эффективных составов композиционных ингибиторов, применяемых для защиты от коррозии рабочих органов испытательных машин и механизмов, используемых в процессе оценки эффективности нефтегазовых скважин.....	104
--	-----