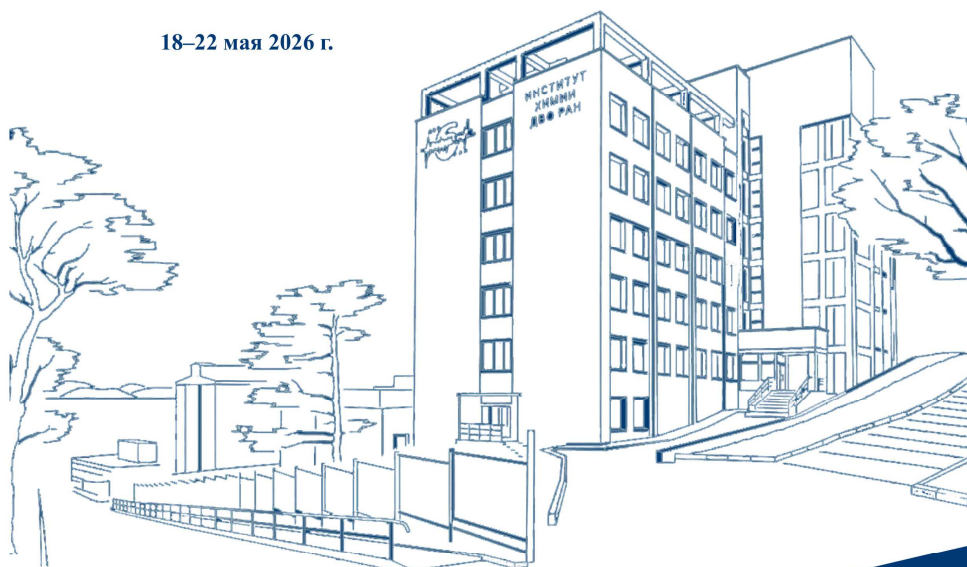


**XIV НАУЧНАЯ СЕССИЯ-КОНКУРС
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ
ИНСТИТУТА ХИМИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
посвященная 55-летию Института химии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук**

18–22 мая 2026 г.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт химии Дальневосточного отделения
Российской академии наук

**XIV НАУЧНАЯ СЕССИЯ-КОНКУРС
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ ИНСТИТУТА ХИМИИ
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК,
посвященная 55-летию Института химии
Дальневосточного отделения
Российской академии наук
(18–22 мая 2026 г.)**

Сборник научных трудов

Под редакцией кандидата химических наук И.С. Трухина, М.Г. Патрушева

Владивосток
2026

УДК 001.8: 544: 546: 547: 548
ББК 431(2)
EDN CTFSRJ

Под редакцией кандидата химических наук И. С. Трухина, М. Г. Патрушева

XIV научная сессия-конкурс молодых ученых Института химии Дальневосточного отделения Российской академии наук, посвященная 55-летию Института химии ДВО РАН (18–22 мая 2026 г.) : сборник научных трудов / под ред.: канд. хим. наук И. С. Трухина, М. Г. Патрушева. – Владивосток: Изд-во ВВГУ, 2026. – 98 с.

ISBN 978-5-9736-0792-0

DOI: <https://doi.org/10.24866/9736-0792-0>

Представлены материалы докладов XIV научной сессии-конкурса молодых ученых ИХ ДВО РАН, посвященной 55-летию Института химии ДВО РАН. Сессия проходила во Владивостоке с 18 по 22 мая 2026 года.

Сборник предназначен для учащихся, специалистов и ученых в области неорганической, физической и аналитической химии.

УДК 001.8: 544: 546: 547: 548
ББК 431(2)

ISBN 978-5-9736-0792-0

© Институт химии ДВО РАН, текст,
2026

© ФГБОУ ВО «Владивостокский
государственный университет,
оформление, 2026

2. Chotiyarnwong P., McCloskey E. Pathogenesis of glucocorticoid-induced osteoporosis and options for treatment // *Nature Reviews Endocrinology*. 2020. Vol. 16. P. 437-447. DOI: 10.1038/s41574-020-0341-0.

3. Boyce B. F., Xing L. Functions of RANKL/RANK/OPG in bone modeling and remodeling // *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 2008. Vol. 473, № 2. P. 139-146. DOI: 10.1016/j.abb.2008.03.018.

4. Xie Y., Chen Y., Zhang L. et al. Bench-to-bedside strategies for osteoporotic fracture // *Bone Research*. 2019. Vol. 7. Art. 27. DOI: 10.1038/s41413-019-0066-7.

5. Nadaraia K.V., Mashtalyar D.V., Piatkova M.A., Pleshkova A.I., Imshinetskiy I.M., Gerasimenko M.S., Belov E.A., Zverev G.A., Sinebryukhov S.L., Gnedenkov S.V. A first look at the formation of PEO-PDA coatings on 3D titanium // *Chem-PhysMater*. 2024. Vol. 3, No. 4. – P. 451–461. DOI: 10.1016/j.chphma.2024.07.002.

Исследование выполнено в рамках государственного задания FWFN-2025-0001 Института химии ДВО РАН.

EDN PYHDWV

ПОЛУЧЕНИЕ КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО И МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

П. В. Гриценко¹, С. Б. Ярусова^{1,2}, А. Е. Панасенко¹

¹ Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Владивостокский государственный университет, Владивосток, Россия

E-mail: polina.gritsenko.00@inbox.ru

Кремнийсодержащие материалы – кремнезем, силикаты и алюмосиликаты представляют собой перспективную область для научных исследований. За счет многообразия структуры и морфологии, высокой пористости и удельной поверхности, а также сорбционной активности они могут эффективно использоваться в качестве адсорбентов для удаления различных красителей и других загрязняющих веществ, что делает их особенно актуальными для очистки сточных вод и защиты окружающей среды.

Важным аспектом изучения кремнийсодержащих материалов является возможность их получения с использованием возобновляемого растительного кремнийсодержащего сырья. Один из перспективных источников растительного кремния – рис *Oryza sativa*, при производстве которого образуются в большом количестве отходы в виде соломы и плодовых оболочек (шелухи), которые являются важным вторичным сырьем и их

утилизации в мире уделяется много внимания [1-2]. Для решения проблемы комплексной утилизации рисовой соломы – отхода производства риса – была поставлена задача получения из растительного кремнийсодержащего сырья образцов кремнезема, силикатов и алюмосиликатов, перспективных для использования в качестве высокоэффективных сорбентов. Переработка такого сырья позволяет одновременно получить эффективные сорбционные материалы и решить проблему утилизации растительных отходов.

Другим перспективным кремнийсодержащим сырьем является диатомит – широко распространенный материал на основе аморфного кремнезема SiO_2 – порода, состоящая более чем на 50 % из скелетов микроскопических диатомовых водорослей, некогда обитавших в древних водоемах. В Приморском крае расположено Пионерское месторождение диатомита.

Вермикулит – минерал со слоистой структурой, который при обжиге увеличивается в размерах за счет разделения алюмосиликатных слоев при испарении воды. Вспученный вермикулит обладает низкой плотностью, химической стабильностью, высокой адсорбционной способностью, катионообменной емкостью. Он является экологически чистым, распространенным и высокоэффективным в сорбционных процессах [3].

В процессе получения борной кислоты образуются отходы борогипса с высоким содержанием кремния и кальция, которые представляют интерес в перспективе использования их в качестве сырья для получения новых экологически безопасных материалов, в том числе сорбционных.

Определены физико-химические характеристики и исследованы сорбционные свойства следующих образцов. Кремнезем, полученный из рисовой шелухи (РШ) (ДК-1), из жидкого стекла (ЖС) (ДК-2), осажденный кремнезем из ЖС, полученный из РШ (ДК-3) и кремнезем, полученный гидролизом тетраэтоксисилана по модифицированному методу Штобера (ДК-4). Силикаты кальция, полученные из диатомита и раковин *Spisula sachalinensis* (СК-1), CaCl_2 и SiO_2 (ГОСТ) (СК-2), CaCl_2 и ЗРЛ (СК-3), мела и ЗРЛ (СК-4), из борогипса (при 120 °С – СК-5; при 200 °С – СК-6), коммерческий CaSiO_3 (СК-7). Композиционный материал, полученный из вермикулита и Fe_3O_4 (АС-1), алюмосиликаты калия из рисовой соломы (АС-2) и ЖС (АС-3).

Разнообразие исходных веществ и методов получения формирует сорбенты с различными структурными характеристиками – от аморфных агрегатов и мезопористых систем до слоистых и волокнистых структур, что напрямую влияет на их сорбционную емкость и размер пор (рис. 1).

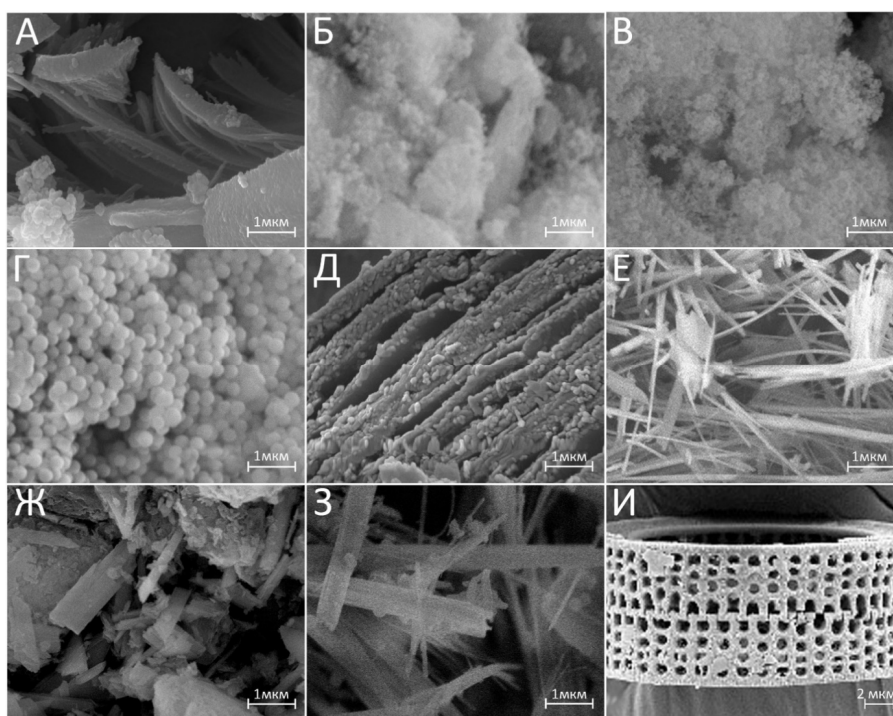


Рис. 1. Микрофотографии образцов (А – ДК-1; Б – ДК-2; В – ДК-3; Г – ДК-4; Д – АС-1; Е – СК-1; Ж – СК-5; З – СК-6; И – диатомит)

По данным РФА образцы кремнеземов, полученные разными способами, рентгеноаморфны, однако вид рентгенограмм существенно различается. Алумосиликаты, синтезированные из ЖС и рисовой соломы, также рентгеноаморфны. В отличие от них, алумосиликат на основе вермикулита обладает кристаллической структурой. Образцы силиката кальция все кристаллические, и включают преимущественно фазы кальцита и тоберморита.

В ИК спектрах кремнезема наблюдаются характерные для диоксида кремния сильные линии поглощения в области $1109\text{--}1087\text{ см}^{-1}$, которые соответствуют колебаниям связи Si–O, а также полосы при $3300\text{--}3100$, ~ 1630 и $966\text{--}935\text{ см}^{-1}$, связанные с колебаниями связи O–H в молекулах воды и силанольных группах Si–OH. В ИК спектрах силикатов кальция также фиксируется стандартный набор колебаний связей Si–O–Ca. В спектрах алумосиликатов сильная полоса поглощения смещена в область $1076\text{--}1055\text{ см}^{-1}$, что соответствует колебаниям связей Si–O, Al–O и Si–O–Al и является специфическим для алумосиликатных материалов.

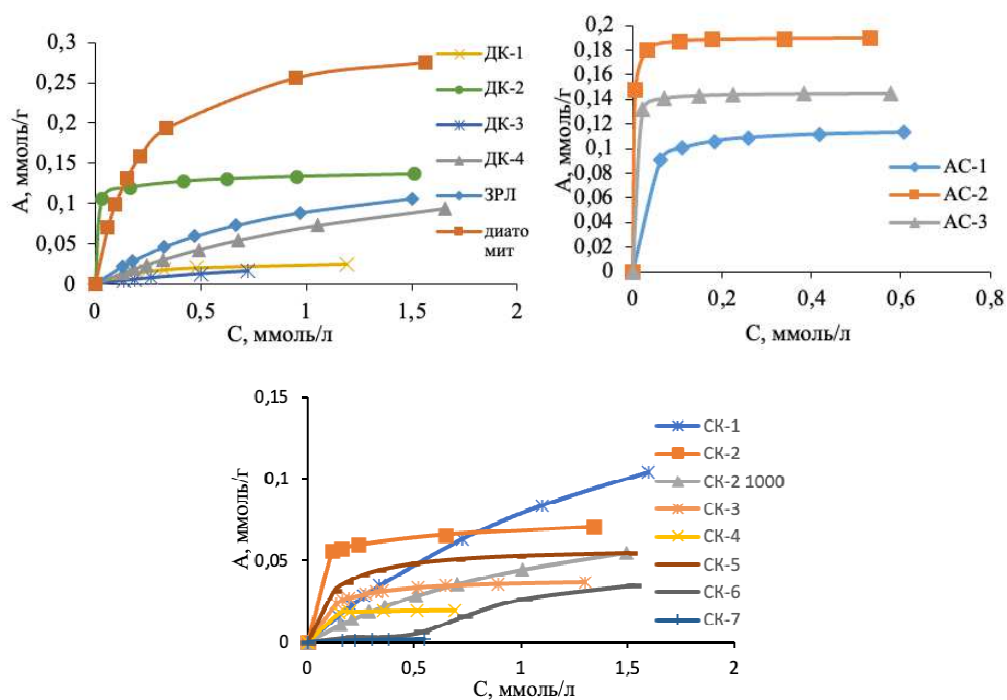


Рис. 2. Сорбция МС исследуемыми образцами

Таблица 1

Сорбционные характеристики исследуемых образцов

Образец	$A_{пр}$, мг/г	Модель	R^2
ЗРЛ	53,7	Ленгмюра	0,986
Диатомит	89,6	Ленгмюра	0,998
ДК-1 (KD-19)	8,1	Ленгмюра	0,907
ДК-2 (KF-40)	48,3	Фрейндлиха	0,999
ДК-3 (KP-72)	13,8	Ленгмюра	0,972
ДК-4 (ТЭОС)	21,7	Фрейндлиха	0,996
СК-1 (тоберморит)	81,6	Ленгмюра	0,998
СК-2 (03)	22,4	Ленгмюра	0,943
СК-2 1000 °С (03-1000)	33,9	Ленгмюра	0,998
СК-3 (05)	12,4	Ленгмюра	0,980
СК-4 (01)	6,4	Ленгмюра	0,996

Образец	$A_{пр}$, мг/г	Модель	R^2
СК-5 (120)	18,9	Ленгмюра	0,993
СК-6 (200)	19,2	Фрейндлиха Ленгмюра	1 0,998
СК-7	1,1	—	
АС-1 (13)	45,4	Фрейндлиха	0,962
АС-2 (34)	60,8	Ленгмюра	0,978
АС-3 (42)	46,7	Ленгмюра	0,952

Исследование сорбционных свойств кремнеземов, силикатов кальция и алюмосиликатов по отношению к метиленовому синему (МС) в водных растворах с концентрацией от 50 до 500 мг/л показало, что изотермы сорбции наилучшим образом описываются моделями Ленгмюра и Фрейндлиха ($R^2 = 0,907\text{--}1,000$), что свидетельствует о протекании как монослойной, так и полислойной сорбции (рис. 2, табл. 1). Емкость исследованных материалов зависит как от их состава, так и от способа получения и исходного сырья. Так, максимальную сорбционную емкость имеет диатомит (89,6 мг/г). При этом другие образцы кремнезема демонстрируют значительное различие в емкости. Зола рисовой лузги (ЗРЛ), которая получена сжиганием нативной лузги и содержит 8% углерода, имеет емкость 53,7 мг/г, тогда как зола, полученная сжиганием после предварительной очистки (ДК-1), обладает емкостью 8,1 мг/г; такое различие связано с наличием примесей углерода. Диоксид кремния, полученный из жидкого стекла в виде силикагеля (ДК-2), имеет емкость 48,3 мг/г, тогда как осажденный коагуляцией золя (ДК-3) – 13,8 мг/г. Это отличие подчеркивает роль структурной организации кремнезема, поскольку частицы силикагеля являются микро- и мезопористыми, тогда как размер пор кремнезема, осажденного из золя – от 27 до 38 нм.

Среди образцов силиката кальция наибольшей сорбционной емкостью по отношению к МС обладает образец, синтезированный с использованием в качестве сырья диатомита и раковин спизулы – 81,6 мг/г. Наименьшая емкость – у коммерческого волластонита, 1,1 мг/г. Прокаливание силикатов кальция способствует увеличению сорбционной емкости, что подтверждается увеличением емкости образца СК-2 в 1,5 раза (от 22,4 до 33,9 мг/г) и изменением константы сорбции.

Исследованные алюмосиликатные материалы обладают средними значениями сорбционной емкости, от 45,4 до 60,8 мг/г.

Полученные результаты подчеркивают потенциал различных природных минеральных и биогенных источников сырья для получения материалов, перспективных для использования в качестве экологически безопасных сорбентов для очистки водных сред от органических поллютантов.

Список литературы

1. Силикатный сорбент из рисовой соломы / А.Е. Панасенко, С.Б. Ярусова, С.Н. Сомова [и др.] // Физико-химические проблемы адсорбции, структуры и химии поверхности нанопористых материалов: всероссийская конференция с международным участием (к 120-летию со дня рождения М. М. Дубинина), 18–22 октября, 2021, Москва, Россия: сборник тезисов докладов. – Москва: ИФХЭ РАН, 2021. – С. 187–190.
2. Сорбционные свойства силикатных материалов из соломы риса и вермикулитов / А.Е. Панасенко, С.А. Терминов, Н.П. Шапкин, А.Н. Холомейдик // Агрохимия. 2024. № 1. С. 94–100. DOI: 10.31857/80002188124010124.
3. Мельников А.А. Синтез адсорбентов и катализаторов на основе модифицированного вермикулита для очистки растворов от высокотоксичных соединений: дис. ...канд. техн. наук. Ивановский государственный химико-технологический университет. Иваново, 2023.

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института химии ДВО РАН № FWFN-2025-0002.

EDN ME0UQL

ОЧИСТКА ВОДНЫХ СРЕД ОТ ИОНОВ СВИНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕРЕЗОВОГО БИОУГЛЯ

**А. М. Егорин¹, С. А. Новикова¹, И. Д. Приймак¹, Ю. О. Привар¹,
А. В. Брикманс², Д. Х. Шлык¹, А. М. Гилев², О. В. Нестерова²**

¹ Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

² Дальневосточный федеральный университет, г. Владивосток, Россия
E-mail: lana.kova01@yandex.ru

Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами, в частности свинцом, остается одной из наиболее критических экологических проблем. Свинец крайне токсичен, способен накапливаться в организмах и не имеет безопасного порога воздействия [1]. В связи с этим поиск эффективных и недорогих материалов для его связывания является приоритетной задачей.

В последнее десятилетие в качестве эффективного и экономически доступного средства для иммобилизации тяжелых металлов рассматривается биоуголь – продукт пиролиза биомассы. Особый интерес представ-