



Международная конференция «Плаксинские чтения – 2024»

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ И ГЛУБОКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
РЕДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО И ГОРНОХИМИЧЕСКОГО СЫРЬЯ
И КОМПЛЕКСНЫХ РУД ЦВЕТНЫХ И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ
(Плаксинские чтения – 2024)

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

INNOVATIVE PROCESSES OF BENEFICIATION AND DEEP PROCESSING
OF RARE METAL AND MINING CHEMICAL RAW MATERIALS
AND COMPLEX ORES OF NON-FERROUS AND FERROUS METALS
(Plaksinsky Readings – 2024)

PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE



Российская Академия Наук

Научный совет РАН
по проблемам обогащения
полезных ископаемых



АПАТИТЫ

К 300-летию Российской Академии Наук

Отделение наук о Земле Российской академии наук

Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых

Горный институт — обособленное подразделение федерального государственного
бюджетного учреждения науки федерального исследовательского центра
«Кольский научный центр Российской академии наук»

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт проблем комплексного освоения недр имени академика Н.В. Мельникова
Российской академии наук»

**ИННОВАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ И ГЛУБОКОЙ
ПЕРЕРАБОТКИ РЕДКОМЕТАЛЛИЧЕСКОГО И ГОРНОХИМИЧЕСКОГО
СЫРЬЯ И КОМПЛЕКСНЫХ РУД ЦВЕТНЫХ И ЧЕРНЫХ МЕТАЛЛОВ**

(Плаксинские чтения — 2024)

г. Апатиты, 23–27 сентября 2024 г

МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ



**INNOVATIVE PROCESSES OF BENEFICIATION AND DEEP PROCESSING
OF RARE METAL AND MINING CHEMICAL RAW MATERIALS
AND COMPLEX ORES OF NON-FERROUS AND FERROUS METALS**

(Plaksinsky readings — 2024)

Apatity, 23–27 September 2024

PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL CONFERENCE

Апатиты
2024

Научные редакторы:
академик РАН В.А. Чантурия, член-корреспондент РАН Т.Н. Александрова
кандидат технических наук Т.В. Чекушина

И66 Инновационные процессы обогащения и глубокой переработки редкометаллического и горнохимического сырья и комплексных руд цветных и черных металлов (*Плаксинские чтения — 2024*), г. Апатиты, 23–27 сентября 2024 г. : материалы международной конференции — Апатиты : Изд-во ФИЦ КНЦ РАН, 2024. — 565 с.

ISBN 978-5-91137-523-2

В материалах сборника представлены теоретические и экспериментальные исследования и разработки инновационных экологически безопасных процессов обогащения и глубокой переработки комплексных руд стратегических металлов, обеспечивающих повышение извлечения благородных, цветных, редких и черных металлов и алмазов, качество концентратов, снижение содержания вредных примесей, повышение комплексности использования сырья и эффективности его дальнейшей переработки с получением чистых металлов в интересах развития высокотехнологичных секторов экономики.

Предназначено специалистам горно-металлургического комплекса, студентам, магистрантам, аспирантам, обучающимся по направлениям горного дела и металлургии.

УДК 662.7

*Ответственность за аутентичность и точность цитат, имен и иных сведений,
а также за соблюдение законов об интеллектуальной собственности несут авторы
публикуемых материалов.*

ISBN 978-5-91137-523-2
doi:10.37614/978-5-91137-523-2

© Коллектив авторов, 2024
© Отделение наук о Земле Российской академии наук, 2024
© Научный совет РАН по проблемам обогащения полезных ископаемых, 2024
© Горный институт КНЦ РАН, 2024
© ИПКОН РАН, 2024

Federal State Budgetary Educational Institution
of Higher Education
Vyatka State University
(Kirov, Russia)

Institute of Biology of Komi Scientific Center
of Ural Branch of the Russian Academy of Sciences
(Syktyvkar, Russia)

Liaoning Institute of Science and Technology
(Benshi, Liaoning Province, PRC)

HOME COUNTRY ECOLOGY: PROBLEMS AND SOLUTIONS

Proceedings
of the International Scientific and Practical Conference
April 23–24, 2024

Chapter 1

Kirov, 2024

УДК 504.06(470.342)(082)
ББК 20.1+74.200.57
H 76

Printed on the recommendation of the Scientific Council of VyatSU

Responsible editor:

T. Ya. Ashikhmina, Dr. Sci., Professor, Head of Biomonitoring Research Laboratory of the Institute of Biology of Komi Scientific Center of Ural branch of RAS and Vyatka State University.

Editorial Board:

I. F. Chadin, Director, Ph.D. in Biology, **S. G. Litvinets**, Vice-Rector, Ph.D. in Agricultural Sciences, **L. I. Domracheva**, Professor, Dr. of Biology, **L. V. Kondakova**, Professor, Dr. of Biology, **I. G. Shirokikh**, Leading Researcher, Dr. of Biology, **T. A. Adamovich**, Associate Professor, Ph.D. in Geography, **E. V. Beresneva**, Professor, Ph.D. in Pedagogic, **O. V. Chernova**, Associate Professor, Ph.D. in Chemistry, **E. V. Dabakh**, Senior Scientist, Ph.D. in Biology, **E. A. Domnina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **A. I. Fokina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **G. Y. Kantor**, Senior Researcher, Ph.D. in Techniques, **E. A. Klekovkina**, Associate Professor, Ph.D. in Geography, **T. I. Kut'yavina**, Senior Scientist, Ph.D. in Biology, **S. V. Pestov**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **V. V. Rutman**, Junior Researcher, **V. M. Ryabov**, Senior Lecturer, **E. V. Ryabova**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **M. L. Sazanova**, Researcher, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **S. V. Shabalkina**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **N. V. Syrchina**, Associate Professor, Ph.D. in Chemistry, **E. V. Tovstik**, Associate Professor, Ph.D. in Biology, **M. A. Zaitsev**, Associate Professor, Ph.D. in Pedagogic.

H 76 Home Country Ecology: Problems and Solutions : Proceedings of the International Scientific & Practical Conference. Chapter 1. (Kirov, April 23–24, 2024). – Kirov : Vyatka State University, 2024. – 306 c.

ISBN 978-5-98228-277-4 (Chapter 1)

ISBN 978-5-98228-279-8

The book includes proceedings of the International Scientific & Practical Conference "Home Country Ecology: Problems and Solutions". Environmental problems of the Russian regions and other countries and their possible solutions are presented. A significant place is occupied by proceedings on the results and methods of environmental monitoring, rational use of natural resources. Ecological aspects of production and consumption waste management, as well as scientific research and development in the field of ecology are considered. The conference proceedings are intended for researchers, teachers, specialists of environmental protection services and departments, postgraduates, students of higher educational institutions.

The authors are responsible for the accuracy of the information presented in the conference proceedings. The opinion of the editorial board may not coincide with the opinion of the authors.

We would like to thank the management of the Kirov Branch of PJSC Sberbank of Russia and KChK Branch of JSC URALCHEM in Kirovo-Chepetsk for partnership and cooperation.

УДК 504.06(470.342)(082)
ББК 20.1+74.200.57

ISBN 978-5-98228-277-4 (Chapter 1)
ISBN 978-5-98228-279-8

© Vyatka State University (VyatSU), 2024

Список использованных источников

1. Марченко Н.В. *Металлургия тяжелых цветных металлов* // [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие. – Красноярск, –2009. –402 с.
 2. Романтеев Ю.П., Быстров С.В. *Металлургия тяжелых цветных металлов. Свинец. Цинк. Кадмий.* - М.: Издательский дом МИСиС, –2010. –С. 324-339.
 3. Ермилов В.В. *Расчет и проектирование систем обеспечения безопасности. Учебное пособие.* – Череповец: ФГБОУЧГУ, 2012. – 279 с.
 4. Холикулов Д.Б. и др. *Новый подход к решению проблемы очистки сточных вод медного производства* // Горный вестник Узбекистана. 2019 № 3 (78), –С. 92-96.
-

Processing of copper production technological solutions for the purpose of extracting valuable metals

Kholikulov D.B., Boltaev O.N., Niyazmetov B.E.

Ozonation can be used for processing process solutions. It was found that after 1 hour of processing, metal concentrations decreased to a level of <0.01 mg/l, which is an order of magnitude lower than the MPC of metals in water, and also reduces environmental damage.

**КИНЕТИЧЕСКИЕ И ДИФфуЗИОННЫЕ ПАРАМЕТРЫ СОРБЦИИ
МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО ДИАТОМИТОМ ПИОНЕРСКОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ***

**С.Б. Ярусова¹, А.С. Авраменко², А.Е. Панасенко¹, В.С. Пушкарь³,
М.В. Черепанова², П.С. Гордиенко¹**

¹ Институт химии Дальневосточного отделения РАН (ИХ ДВО РАН),
г. Владивосток, Российская Федерация, e-mail: yarusova_10@mail.ru

² Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии
Дальневосточного отделения РАН (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН),
г. Владивосток, Российская Федерация

³ Дальневосточный геологический институт ДВО РАН (ДВГИ ДВО РАН),
г. Владивосток, Российская Федерация

Изучена кинетика адсорбции метиленового синего в статических условиях диатомитом Пионерского месторождения (Приморский край) при температурах 20, 40 и 60°C, рассчитаны коэффициенты диффузии.

Диатомит — порода, состоящая более чем на 50% из створок микроскопических диатомовых водорослей, некогда обитавших в древних водоемах.

* Исследование выполнено в рамках государственных заданий Института химии ДВО РАН (FWFN(0205)-2022-0002, тема 2, разделы 3, 5) и ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН (тема № 124012200182-1).

В работе использовано оборудование ЦКП «Дальневосточный центр структурных исследований» (Институт химии ДВО РАН, г. Владивосток) и ЦКП «Биотехнология и генетическая инженерия» (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток).

Порода представлена преимущественно аморфным кремнеземом.

Физико-химические свойства диатомита позволяют использовать его в различных сферах народного хозяйства. Одной из областей применения диатомитов является их применение в качестве сорбентов различных поллютантов, в том числе, органических красителей [1, 2].

В работе исследована кинетика адсорбции органического красителя катионного типа – метиленового синего (МС) диатомитом Пионерского месторождения (Приморский край) при температурах 20, 40 и 60°C, рассчитаны коэффициенты диффузии.

Состав диатомитов Пионерского месторождения характеризуется наличием аморфной и кристаллических фаз – алюмосиликата калия $K_{1,2}Al_4Si_8O_{20}(OH)_4 \cdot 4H_2O$ и диоксида кремния SiO_2 в модификациях кварца и кристобалита.

Плотность диатомита 3.19 г/см³. Удельная поверхность по МС составляет 352 м²/г.

Для изучения адсорбционных свойств диатомита использовали метиленовый синий $C_{16}H_{18}N_3SCl$ («ч.д.а.», М 319.85 г/моль).

Исследование сорбции МС из водных растворов проводили в статических условиях при температуре 20°C.

Для получения кинетических кривых адсорбции навески диатомита массой 0.01 г вносили в пробирки, прибавляли 10 мл исходного водного раствора МС ($C_0(МС)=852.2$ мг/л (2.66 ммоль/л)) и перемешивали от 1 до 60 мин.

После перемешивания суспензию центрифугировали, оптическую плотность раствора измеряли на спектрофотометре ЗОМЗ КФК-3-01 (Россия) при длине волны 657 нм.

На рисунке приведены кинетические кривые сорбции МС диатомитом при температурах 20, 40 и 60°C.

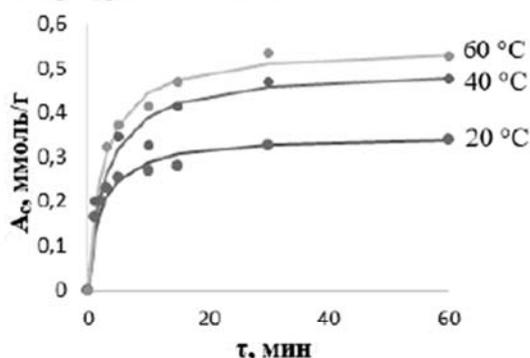


Рисунок. Кинетические зависимости сорбции МС диатомитом при температурах 20, 40 и 60°C

Как видно из представленных кинетических кривых, сорбционная емкость достигает максимума в течение 30 мин, возрастая с повышением температуры.

Для описания кинетики топохимических реакций, к которым относится и исследуемый процесс, использовано уравнение, обоснованное в работе [3]:

$$A_t = A_m \cdot k \cdot t \cdot \frac{1}{1 + k \cdot t}, \quad (1)$$

где k – константа, имеющая размерность (время)⁻¹; t – время сорбции; A_t и A_m – текущее и максимальное значение сорбционной емкости.

Для определения константы k и A_m уравнение (1) преобразовано в уравнение прямой вида ($y=a+bx$):

$$\frac{1}{A_t} = \frac{1}{A_m} + \frac{1}{k \cdot t \cdot A_m}, \quad (a=1/A_m; b=1/(A_m \cdot k)) \quad (2)$$

Получены линейные уравнения кинетики для различных температур сорбции: $y=3.0028x+3.2303, R^2=0.9528$ (20°C); $y=2.6899x+2.2794, R^2=0.933$ (40°C); $y=3.9623x+1.8584, R^2=0.9583$ (60°C), и из уравнений определены значения k , которые равны 1.08, 0.85 и 0.45 мин⁻¹ для соответствующих температур.

Рассчитанные значения максимальной сорбционной емкости A_m составляют 0.31 ммоль/г для 20°C, 0.44 ммоль/г для 40°C и 0.54 ммоль/г для 60°C.

Для определения диффузионных параметров процесса сорбции ионов МС диатомитом, применена методика, расчетные уравнения, приведенные в работе Д.П. Тимофеева [4] для высокодисперсных материалов:

$$Y_t = Y_0 + (2S/V) \cdot (\sqrt{t \cdot D}) / \sqrt{\pi}, \quad (3)$$

где $Y_t, A_t/A_m$ – относительная величина сорбции; S – удельная поверхность сорбента, см²/г; V – объем образца сорбента, см³ ($V=m/\rho$, где m – масса сорбента, г; ρ – плотность сорбента, г/см³); t – время, с; D – коэффициент диффузии, см²/с; $\pi=3.14$.

При использовании данного подхода необходимы экспериментальные данные по значению Y_t меньше 0.5, но такие значения относительных величин сорбции возможны при временах сорбции $t < 1/K_t$, согласно уравнению (1), и экспериментально их получить затруднительно, но с использованием уравнения (2), значений A_m и k для выбранных температур, определенных из экспериментальных данных, расчетным путем получены значения $Y_t = A_t/A_m$ при временах $t < 1/K_t$.

В результате проведенных расчетов построены зависимости $Y_t=f(\sqrt{t})$ и получены уравнения прямой $y=0.078x-0.0843$ ($R^2=0.9941$); $y=0.0738x-0.1045$ ($R^2=0.9989$); $y=0.0668x-0.1482$ ($R^2=0.9173$) для температур 20°C, 40°C и 60°C, соответственно. Коэффициенты диффузии МС, рассчитанные по описанной методике, равны $0.36 \cdot 10^{-16}$, $0.3136 \cdot 10^{-16}$, $0.25 \cdot 10^{-16}$ см²/с для температур 20°C, 40°C и 60°C, соответственно.

Таким образом, получены экспериментальные данные по кинетике сорбции, рассчитаны коэффициенты диффузии.

Установлено, что при повышении температуры сорбционная емкость увеличивается в 1.5–1.7 раза, но исходя из этих данных, коэффициент диффузии уменьшается. Сделано предположение, что это связано с механизмом взаимодействия сорбента и сорбата, с изменением скоростей сорбции и десорбции, о чем свидетельствуют скорости достижения ½ максимальной сорбционной емкости, равные 0.167; 0.187; 0.122 ммоль/г·мин при температурах 20, 40 и 60°C, соответственно.

Список использованных источников

1. Дацко Т.Я. и др. Кинетика и механизм адсорбции метиленового голубого нанокompозитом TiO₂/диатомит и его компонентами // Электронная обработка материалов. 2023. № 59(3). С.46–54.
 2. Al-Qodah Z. et al. Adsorption of methylene blue by acid and heat treated diatomaceous silica // Desalination. 2007. Vol. 217. P. 212–224.
 3. Гордиенко П.С. и др. // Журнал физической химии. 2019. Т. 93. № 11. С. 1724–1730.
 4. Тимофеев Д.П. Кинетика адсорбции. М.: Изд. Академия наук СССР, 1962. 250 с.
-

Kinetic and diffusion parameters of methylene blue sorption by diatomite of Pionersky deposit

Yarusova S.B., Avramenko A.S., Panasenko A.E., Pushkar V.S., Cherepanova M.V., Gordienko P.S.

The kinetics of methylene blue adsorption under static conditions by diatomite of the Pionersky deposit (Primorsky Krai) at temperatures of 20, 40 and 60°C was studied and diffusion coefficients were calculated.

ИЗУЧЕНИЕ ВЫБРОСОВ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ ТЕРМИЧЕСКОМ СЖИГАНИИ ТКО НА МОДЕЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

К.А. Воробьев

Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова РАН (ИПКОН РАН), Москва, Российская Федерация, e-mail: k.vorobyev98@mail.ru

Исследованы процессы выделения углекислого газа при сжигании твердых коммунальных отходов (ТКО). Представлена лабораторная установка для измерения концентраций диоксида углерода, образующегося в процессе термической переработки отходов (шлаков и золы уноса). Описаны методы сбора и анализа данных, приведены результаты экспериментов, который позволил получить значимые результаты и выявить закономерности, связанные с образованием CO₂ в зависимости от различных параметров сжигания.

Глобальное потепление, спровоцированное увеличением концентрации в атмосфере парниковых газов, и в частности диоксида углерода (CO₂), является одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством. Снижение углеродного следа – одна из первостепенных задач на пути к обеспечению экологической устойчивости. Необходимо отметить, что мусоросжигательные заводы (МСЗ), играя важную, хоть и небесспорную, роль в утилизации отходов, генерируют значительные объемы выбросов CO₂. В связи с этим, поиск новых, эффективных и экономически обоснованных технологий улавливания CO₂ приобретает особую актуальность, становясь императивом времени. Интересным и, возможно, многообещающим направлением исследований представляется использование твердых отходов МСЗ, в частности,