

СЕКЦИЯ 12
«ОБЩАЯ И КЛИНИЧЕСКАЯ ФАРМАКОЛОГИЯ»

УДК 546.74-71:615.246.2

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ И КИНЕТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ
АДСОРБЦИИ ИОНОВ НИКЕЛЯ БЕЛЫМ И АКТИВИРОВАННЫМ УГЛЕМ**

Афонова А. А., Пинчук Д. Н.

Научный руководитель: старший преподаватель Л. В. Чернышева

**Учреждение образования
«Гомельский государственный медицинский университет»
г. Гомель, Республика Беларусь**

Введение

Никель относится к группе тяжелых металлов, соединения которого являются высокотоксичными и канцерогенными. Порог его токсичности для организма человека составляет 20 мг/день. Токсическая доза для человека 50 мг.

Основные пути попадания никеля в организм: с водой и пищей, в которых повышена концентрация этого металла. Другой источник никеля — воздух. Ежегодно поступление в атмосферу соединений никеля из-за сгорания топлива возрастает на 10–15 %. За сутки некурящий человек вдыхает 0,1–0,25 мкг никеля. Курение увеличивает поступление никеля на 0,0004 мкг в сутки. [2] Также имеет значение попадание никеля через кожу и слизистые оболочки при длительном контакте с никельсодержащими ювелирными украшениями, монетами, пуговицами, молниями и застежками на одежде, предметами из нержавеющей стали.

Исследования различных Европейских организаций (Nickel Institute, Nickel Producers Environmental Research Association (NiPERA)) о влиянии никеля на проявление аллергических реакций показывают предрасположенность 5–20 % населения к такому заболеванию, как ACD (аллергическим контактным дерматитом).

При этом, в исследованиях приведена доказательная база того, что происходит постепенное накопление токсичного никеля в организме и проявляться данное заболевание может даже на участках тела не соприкасающихся с самим аллергеном. По статистике около 10–12 % женского населения и 2–3 % мужского населения имеют врожденную аллергию на никель, еще у части людей выявлен приобретенный (чаще всего при постоянном контакте с аллергеном) дерматит — никелевый дерматит или «никелевый зуд». [4]

Время появления симптомов и степень тяжести отравления никелем зависит от физиологического состояния организма, пути и скорости поступления никеля, наличия сопутствующих заболеваний и некоторых других причин. Повреждающее действие никеля основано на его способности связывать молекулы кислорода, препятствуя таким образом процессу окислительного фосфорилирования, и сульфгидрильные группы, снижая активность некоторых ферментов. Возникающий при этом дефицит АТФ сопровождается нарушением функции многих органов (легких, почек, кроветворной ткани), однако в первую очередь страдают ткани с высокой степенью метаболизма — печень и головной мозг.

Цель

Изучение кинетических и термодинамических параметров адсорбции ионов никеля белым и активированным углем.

Материал и методы исследования

Настоящее исследование выполнялось в апреле 2020 – ноябре 2020 гг. на базе кафедры общей и биоорганической химии Гомельского государственного медицинского университета.

Для исследования использовали активированный уголь (энтеросорбент первого поколения) и белый уголь (энтеросорбент четвертого поколения). Сравнительная характеристика изучаемых энтеросорбентов представлена в таблице 1.

Таблица 1 — Сравнительная характеристика энтеросорбентов

Торговое название препарата	Международное непатентованное название и форма выпуска	Площадь активной поверхности на 1 г сорбента	Рекомендуемые дозировки
Уголь активированный	Уголь активированный, порошок и таблетки	1,5–2 м ²	При отравлениях по 20–30 г на прием в виде взвеси в воде
Белый уголь	Сверхвысокодисперсный диоксид кремния (кремнезем). БАД	400 м ²	Суспензия: 100 мг/кг в сутки в 3–4 приема Таблетки: 3–4 таблетки 3–4 раза в день

Адсорбция ионов никеля выполнялась из растворов с различной начальной концентрацией (0,05; 0,10; 0,15 и 0,20 моль/л). Масса адсорбента соответствовала рекомендуемым дозировкам. Время завершения эксперимента устанавливалось по времени достижения адсорбционного равновесия. Кинетика сорбционного процесса определялась путем отбора проб через фиксированные отрезки времени с последующим анализом концентрации ионов никеля, ртути и свинца в отобранных пробах.

Содержание ионов никеля определялось методом комплексонометрического титрования. Для этого ионы никеля брали в виде соли Ni(NO₃)₂, используя реактив квалификации «х.ч.». Количественный анализ катионов свинца в растворе проводили титриметрическим методом по следующей методике. В колбу для титрования отбирали мерной пипеткой 10 мл анализируемого раствора, добавляли 2 мл аммиачного буферного раствора, при этом окраска раствора изменится из светло-зеленой в голубую, 3 капли раствора мурексида, цвет раствора изменяется на желтый. Титровали раствором Трилона Б при интенсивном перемешивании до перехода окраски в лиловую [3].

На основе полученных кинетических данных были определены термодинамические параметры адсорбции. Для описания адсорбции металлов из разбавленных водных растворов при комнатной температуре было использовано уравнение Ленгмюра [1].

$$a = a_{max} \frac{K_c}{K_c + 1},$$

где K — константа адсорбционного равновесия, которая характеризует сродство адсорбата к сорбенту; a_{max} — максимальная адсорбция, которая характеризует поглотительную способность энтеросорбента (его адсорбционную емкость); C — концентрация катионов металла в модельном растворе, моль/л.

Кинетика адсорбции тяжелых металлов удовлетворительно описывается параболическим уравнением, имеющим сходство с уравнением Фрейндлиха [1]:

$$a = k\tau^{\frac{1}{n}},$$

где a — адсорбция металла, моль/г; k — константа скорости адсорбции; τ — время, мин; n — параметр уравнения Фрейндлиха, определяемый графически.

Логарифмическое преобразование данного уравнения позволило рассчитать константы скорости адсорбции.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенные исследования позволили выявить кинетические закономерности сорбционных процессов ионов никеля на белом и активированном угле. Полученные закономерности представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Кинетические параметры адсорбции ионов никеля на энтеросорбентах

Энтеросорбенты	Константы скорости адсорбции, $k \times 10^4$, мин ⁻¹	Время установления адсорбционного равновесия, мин	Степень извлечения, %
Белый уголь	0,28	40	13,2
Активированный уголь	2,56	20	18,2

Приведенные данные свидетельствуют о том, что быстрее всего процесс адсорбции катионов никеля протекает на активированном угле. Именно этому энтеросорбенту соответствуют максимальные значения константы адсорбции, а также минимальное время установления адсорбционного равновесия (20 мин). Белый уголь характеризуется малой скоростью адсорбции катионов никеля (константа скорости $0,28 \times 10^{-4}$ мин⁻¹).

Между скоростью адсорбции и степенью извлечения никеля из модельных растворов существует ярко выраженная взаимосвязь: чем быстрее протекает сорбционный процесс, тем выше степень поглощения данного металла энтеросорбентами из модельного раствора.

Кинетические параметры (таблица 2) характеризуют главным образом скорость выведения ионов никеля из модельных водных растворов, то термодинамические параметры процесса позволяют оценить адсорбционную емкость энтеросорбентов и их сродство к изучаемому токсическому иону. Термодинамические параметры адсорбции никеля на белом и активированном угле представлены в таблице 3.

Таблица 3 — Термодинамические параметры адсорбции ионов никеля на белом и активированном угле

Энтеросорбенты	Максимальная адсорбция, $a_{\max} \times 10^3$, моль/г	Константа адсорбционного равновесия, К
Белый уголь	3,9	0,59
Активированный уголь	12,8	1,22

Активированный уголь обладает наибольшей адсорбционной емкостью по отношению к катионам никеля ($K = 1,22$), также активированный уголь имеет в 3 раза большее значение адсорбции ионов никеля по сравнению с белым углем.

Выводы

Изучены кинетические и термодинамические характеристики адсорбции ионов никеля белым и активированным углем.

Термодинамические данные подтверждают высокую эффективность активированного угля в связывании и выведении катионов никеля из водных растворов. Данному сорбенту соответствуют самые высокие значения максимальной адсорбции ($12,8 \times 10^{-3}$ моль/г) и константы адсорбционного равновесия (1,22).

ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев, А. П. Физическая и коллоидная химия / А. П. Беляев, В. И. Кучук. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 752 с.
2. Никель в крови // База медицинских знаний Helix [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://helix.ru/kb/item/06-092>. — Дата доступа: 16.03.2021.
3. Харитонов, Ю. Я. Аналитическая химия / Ю. Я. Харитонов. — М.: ГЭОТАР-Медиа, 2018. — 320 с.
4. What do you need to know about nickel allergy? // Nickel Producers Environmental Research Association [Electronic resource]. — Mode of access: <https://nickelinstitute.org/science/health-nickel-allergy/>. — Date of access: 16.03.2021.