

Научная статья
УДК 544.723

АДСОРБЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ВАНАДИЯ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ УГЛЕРОДНОМ СОРБЕНТЕ

Татьяна Сергеевна Чиши¹, Алексей Владиславович Свиридов²,
Ильдар Касимович Гиндулин³

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ tanya99696@gmail.com

² sviridovav@m.usfeu.ru

³ gindulinik@m.usfeu.ru

Аннотация. Показана возможность сорбционного извлечения ионов ванадия в кислой среде. В качестве сорбента был использован модифицированный углеродный сорбент. В результате модификации углеродный сорбент приобретает положительный заряд, что позволяет проводить сорбцию анионов ванадия.

Ключевые слова: сорбция, ванадий, модифицированный угольный сорбент

Original article

ADSORPTION EXTRACTION OF VANADIUM ON A MODIFIED CARBON SORBENT

Tatyana S. Chishi¹, Alexey V. Sviridov², Ildar K. Gindulin³

^{1, 2, 3} Ural State Forest University, Yekaterinburg, Russia

¹ tanya99696@gmail.com

² sviridovav@m.usfeu.ru

³ gindulinik@m.usfeu.ru

Abstract. The possibility of sorption extraction of vanadium ions in an acidic environment has been demonstrated. A modified carbon sorbent was used as a sorbent. As a result of modification, the carbon sorbent acquires a positive charge, which allows the sorption of vanadium ions.

Keywords: sorption, vanadium, modified carbon sorbent

Ванадий является 20-м по распространенности элементом в земной коре. В природе в свободном виде не встречается, относится к относительно рассеянным элементам. Наиболее высокое содержание ванадия – в магматических породах. Железные руды являются основным источником промышленного получения ванадия. Близость ионных радиусов в магматических породах железа и титана приводит к тому, что ванадий находится в рассеянном состоянии и не образует собственных минералов.

Вопрос выделения ванадия из сточных вод металлургических предприятий имеет высокую актуальность. Значение ПДК ванадия в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового пользования не должно превышать показатель по ГН 2.1.5.689-98 0,1 мг/л.

Основным потребителем ванадия является черная металлургия, даже незначительные добавки металла повышают прочность стали, снижают склонность стали к перегреванию, улучшают физико-механические и эксплуатационные свойства стали. Стоимость ванадия на рынке достаточно велика. Динамика мировых цен ванадия на сегодня находится в диапазоне 24,9–25,3 USD/кг ванадия.

При учете важности экологического и экономического аспектов селективное извлечение ванадия сточных вод металлургических предприятий, а также поиск эффективных сорбентов является актуальной задачей.

Эксперимент

В качестве сорбента для извлечения ванадия был взят березовый уголь марки БАУ, он характеризуется микропористой структурой, общим объемом пор 1,4 см³/г, что обусловлено развитой транспортной структурой пор исходного ДУ, низкой плотностью за счет рыхлой исходной структуры древесины березы. Адсорбционная активность по йоду 60 %, суммарный объем пор по воде, см³/г ГОСТ 6217–74.

При подготовке угля было проведено его измельчение на шаровой мельнице до размеров частиц 1–5 мкм. При этом площадь удельной поверхности составила 600 м²/г. Далее уголь обрабатывался раствором катионного ПАВ с целью увеличения количества сорбционных центров с положительными зарядами. Обработка проводилась в течении 2-х ч с постоянным перемешиванием и концентрацией ПАВ от 0,5 до 10 % к массе угля.

Полученный сорбент промывали, отфильтровывали и высушивали при комнатной температуре. За счет взаимодействия гидрофобного радиуса катионного ПАВ с неполярными участками поверхности БАУ ориентация полярных групп имеет наружный характер [1]. Схема модификации сорбента приведена на рис. 1.

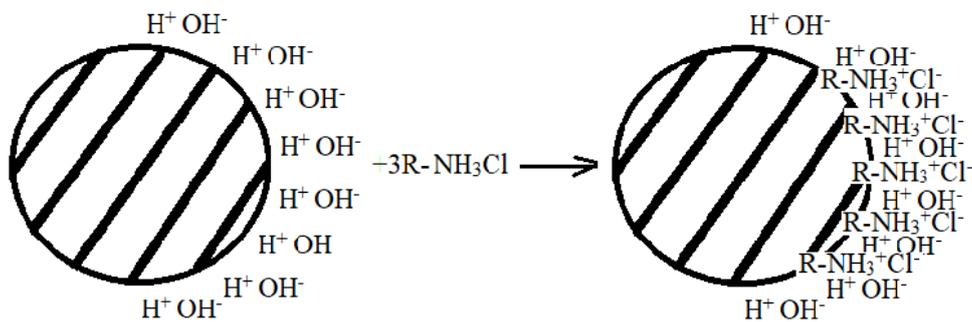


Рис. 1. Схема модификации угля ПАВ

Объектом исследования являлся модельный раствор с концентрациями ионов металлов, соответствующих полужидкому продукту ванадиевого шлака сернокислотной гидрометаллургической обработки. Состав кислого раствора приведен в табл. ниже.

Состав кислого раствора

Элемент (в пересчете на ион металла)	Концентрация г/дм ³
V ⁺⁵	0,05
Ni ⁺²	0,06
Fe ⁺³	1,04
K ⁺	0,06
Ca ⁺²	0,49
Mg ⁺²	0,08
Cu ⁺²	0,80
Mn ⁺²	2,46

Процесс сорбции ванадия проводили при температуре 22 °С, величина раствора рН составляла 3,5. Исходная концентрация ванадия в растворе составляла 0,05 г/дм³.

Для распределения сорбента по всему объему раствора применяли быстрое перемешивание при помощи лопастной мешалки, затем скорость перемешивания уменьшали для установки сорбционного равновесия. Жидкую фазу от твердой отделяли методом фильтрования. Для установки сорбционного равновесия достаточно было 10 мин. Поверхность сорбента насыщается через 6 мин во всем исследуемом диапазоне концентраций, что видно на рис. 2.

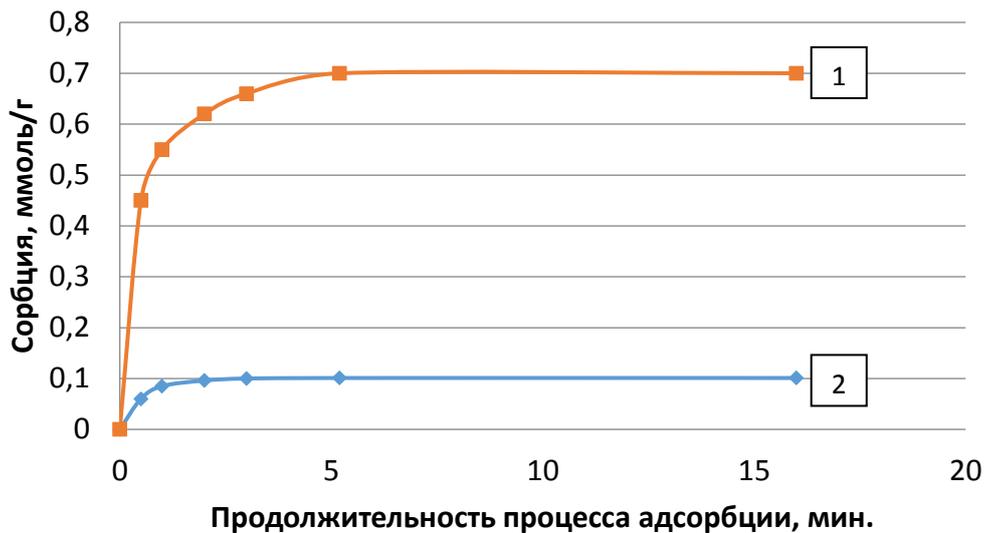


Рис. 2. Зависимость сорбции ванадия от времени при предельной адсорбции:
1 – 0,7 ммоль/г; 2 – 0,1 ммоль/г

Сорбцию ванадия на модифицированном катионном ПАВ угле предпочтительно проводить при рН 3–5. Так как при данном диапазоне рН ванадий образует полианионные комплексы со степенью окисления ванадия +5, которая является наиболее устойчивой для этого металла, именно в этом диапазоне рН 3–5 можно адсорбировать максимальное количество ионов ванадия на один сорбционный центр (рис. 3).

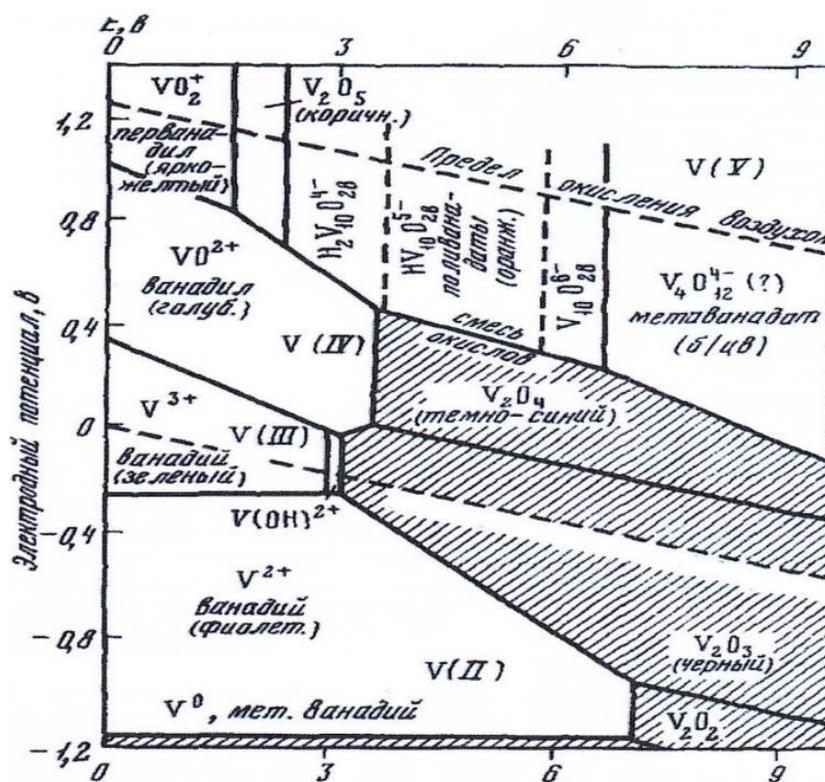


Рис. 3. Диаграмма Эванса

Результаты процесса адсорбции ванадия на модифицированном катионным ПАВ угольном сорбенте представлены на рис. 4.

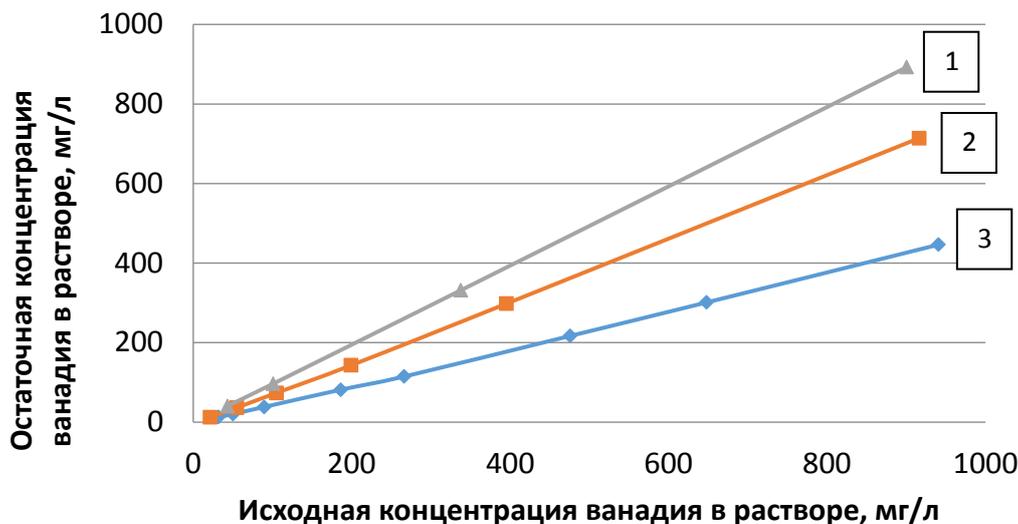


Рис. 4. Зависимость остаточной концентрации ванадия в растворе от его исходной концентрации при различных количествах катионного ПАВ: 1 – угольный сорбент без модификации; 2 – концентрация ПАВ 0,5 % от массы сорбента; 3 – концентрация ПАВ 1,0 % от массы сорбента

Выводы

Полученные в ходе исследований процесса сорбции результаты позволили выявить следующие факты:

- процесс модифицирования поверхности березового угля марки БАУ катионным ПАВ позволяет увеличить сорбционную емкость сорбента за счет взаимодействия полианионных комплексов ванадия и функциональных групп ПАВ;

- с увеличением содержания модификатора на поверхности БАУ снижается остаточная концентрация ванадия в растворе;

- модифицированный катионным ПАВ уголь марки БАУ возможно использовать на первой стадии комплексной технологии очистки воды с последующим получением целевого продукта – пентоксида ванадия [2], доочистку можно осуществлять высокодисперсными модифицированными алюмосиликатами.

Список источников

1. Ординарцев Д. П., Свиридов А. В., Свиридов В. В. Адсорбционное извлечение ванадия, молибдена и вольфрама из кислых растворов на модифицированном монтмориллоните // Журнал физической химии, 2018. Т. 92, № 10. С. 1648–1652.

2. Ординарцев Д. П., Свиридов А. В., Свиридов В. В. Метод получения пентоксида ванадия повышенного качества // Журнал прикладной химии. 2014. Т. 87. Вып. 11. С. 1685–1688.