

Научная статья
УДК 66.06

ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ В ПРОЦЕССАХ ВОДОПОДГОТОВКИ

Юрий Леонидович Юрьев¹, Антон Денисович Василец²,
Виолетта Александровна Василец³

¹⁻³ Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ yurievuyul@m.usfeu

² vasilentsanton@yandex.ru

³ violettapimankina@yandex.ru

Аннотация. Рассмотрен метод водоподготовки с применением активных углей для биотехнологических и микробиологических производств и принцип его действия.

Ключевые слова: вода, водоподготовка, биотехнология, активный уголь

Для цитирования: Юрьев Ю. Л., Василец А. Д., Василец В. А. Применение активных углей в процессах водоподготовки // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVI Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 534–540.

Original article

THE USE OF ACTIVATED CARBONS IN WATER TREATMENTS

Yury L. Yuriev³, Anton D. Vasilets¹, Violetta A. Vasilets²,

¹⁻³ Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ yurievuyul@m.usfeu

² vasilentsanton@yandex.ru

³ violettapimankina@yandex.ru

Abstract. The article discusses the methods of water treatment, with the use of activated carbons for biotechnological and microbiological industries, the principle of its operation.

Keywords: water, water treatment, biotechnology, activated carbon

For citation: Yuriev Yu. L., Vasilets A. D., Vasilets V. A. (2025) Prime-nenie aktivnyh uglej v protsessah vodopodgotovki [The use of activated carbons in water treatments] *Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzai-modeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii* [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : proceedings of the XVI International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 534–540. (In Russ).

Активные угли являются одним из ключевых методов очистки воды, благодаря их способности эффективно удалять широкий спектр загрязнителей. Проблема загрязнения воды особенно актуальна в связи с техногенными авариями, в результате которых в почву и водоемы попадают опасные элементы, такие как стронций. Этот элемент, относящийся ко второму классу опасности, имеет способность накапливаться в организме, что может приводить к нарушению обмена жизненно важных микроэлементов: кальция и фосфора, йода и т. д. Поэтому использование активных углей в процессах водоподготовки становится важным этапом обеспечения безопасности питьевой воды и защиты здоровья населения.

В биотехнологических производствах использовать техническую воду запрещено законом. На рис. 1 показана классификация природных вод по химическому составу, который необходимо учитывать при пробоподготовке биотехнологического процесса.

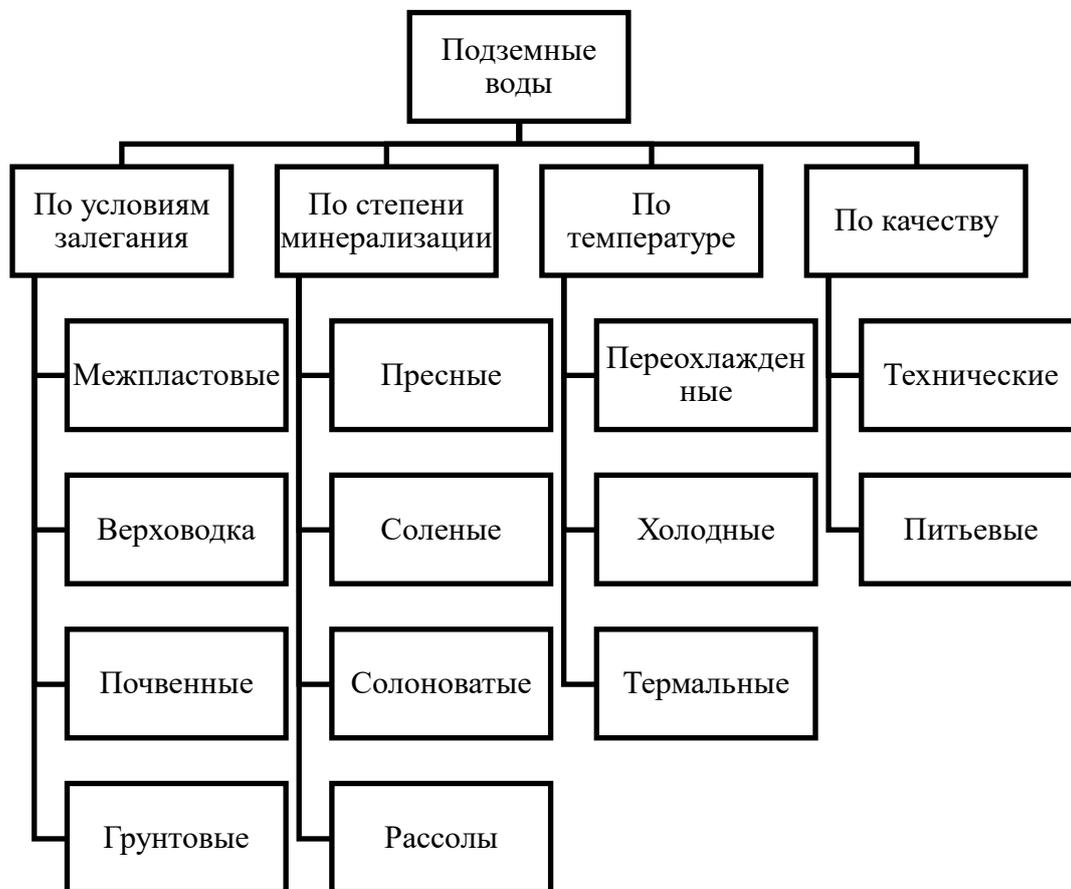


Рис. 1. Классификация природных вод по химическому составу

Макро- и большинство микрокомпонентов способны нарушить биотехнологический цикл, катализировать или ингибировать биотехнологические реакции. Солевой состав природных вод определяется катионами Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ и анионами HCO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} . Эти ионы определяют химический тип воды, их называют макрокомпонентами. Остальные ионы присутствуют в значительно меньших количествах и называются микрокомпонентами.

Технологический выбор воды определяется ее доступностью и требованиями регламента биотехнологического процесса [1].

На примере ионов стронция была рассмотрена очистка воды с применением углей различной степени метаморфизма.

Все зависимости, представленные на рис. 2, 3, по виду соответствуют Ленгмюровской изотерме адсорбции. Следовательно для их обработки можно использовать модель Ленгмюра. Для определения констант адсорбции обрабатывали полученные зависимости с помощью теории адсорбции Ленгмюра.

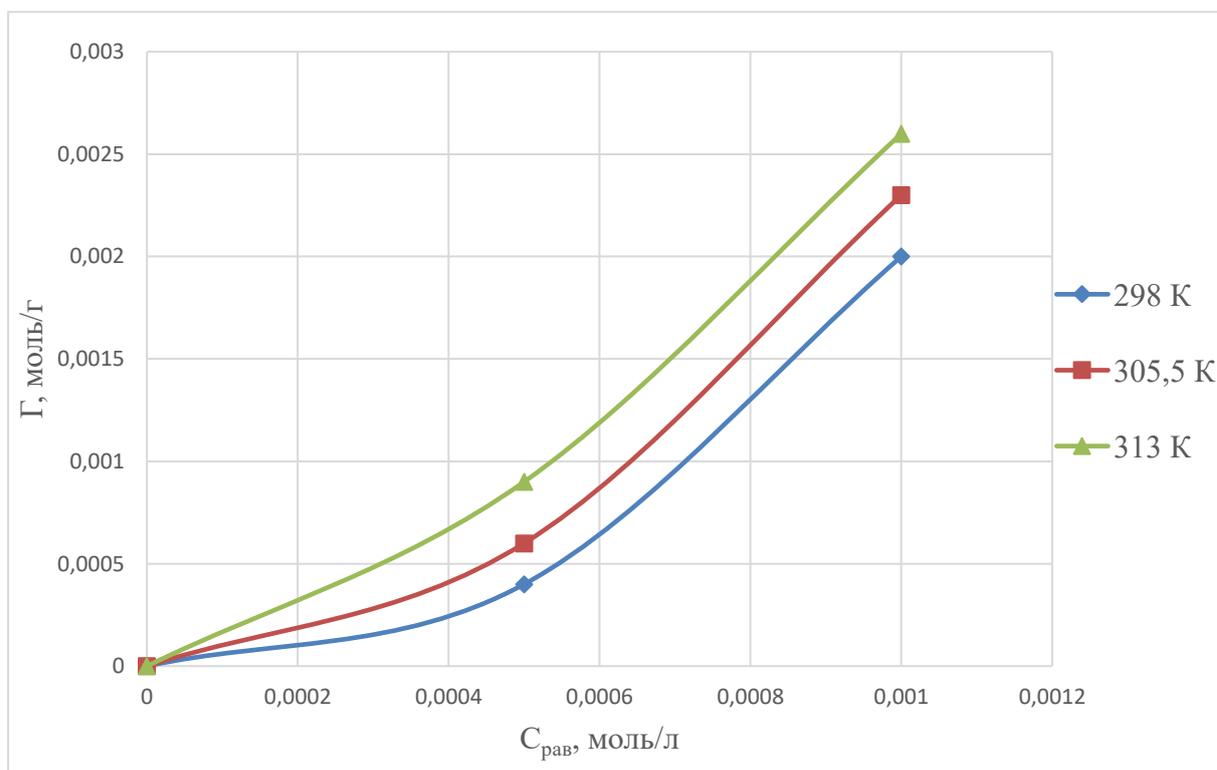


Рис. 2. Изотерма адсорбции в линейном виде для окисленного угля

При $T = 298$ К уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 1,8971x - 0,0002$, $R^2 = 0,9792$.

При $T = 305,5$ К уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 1,5086x - 0,0001$, $R^2 = 0,9878$.

При $T = 313 \text{ K}$ уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 0,9829 + 0,00004x$, $R^2 = 0,9968$.

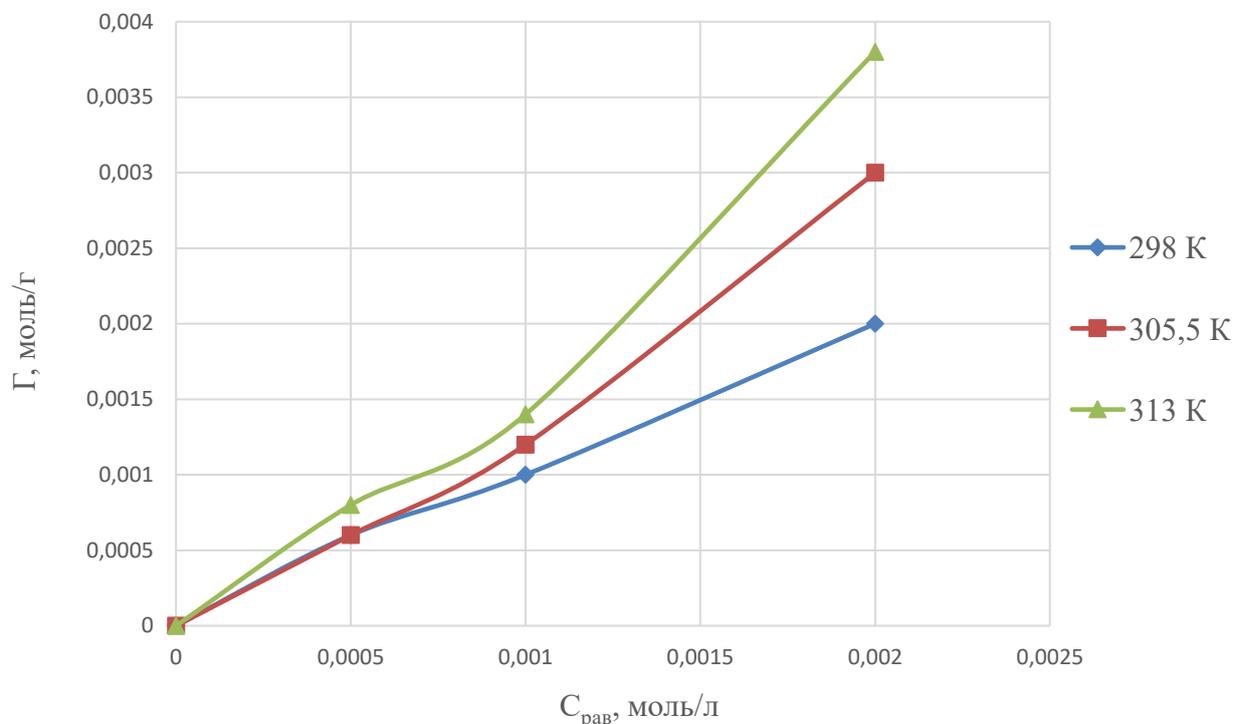


Рис. 3. Изотерма адсорбции в линейном виде для активного угля

При $T = 293 \text{ K}$ уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 2x - 0,0002$, $R^2 = 0,9803$.

При $T = 307 \text{ K}$ уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 2,3x - 0,0002$, $R^2 = 0,9762$.

При $T = 313 \text{ K}$ уравнение зависимости отношения равновесной концентрации к величине адсорбции от равновесной концентрации $y = 2,6x - 0,0001$, $R^2 = 0,9629$.

В ходе эксперимента было выяснено, что адсорбционный процесс с окисленным углем протекает самопроизвольно при $T \leq 312$, так как значение $\Delta G < 0$, при температуре свыше 312 градусов адсорбционный процесс затруднен, поскольку ΔG становится больше нуля (рис. 4).

Также можно сделать вывод, что интенсивность адсорбции увеличивается с уменьшением температуры.

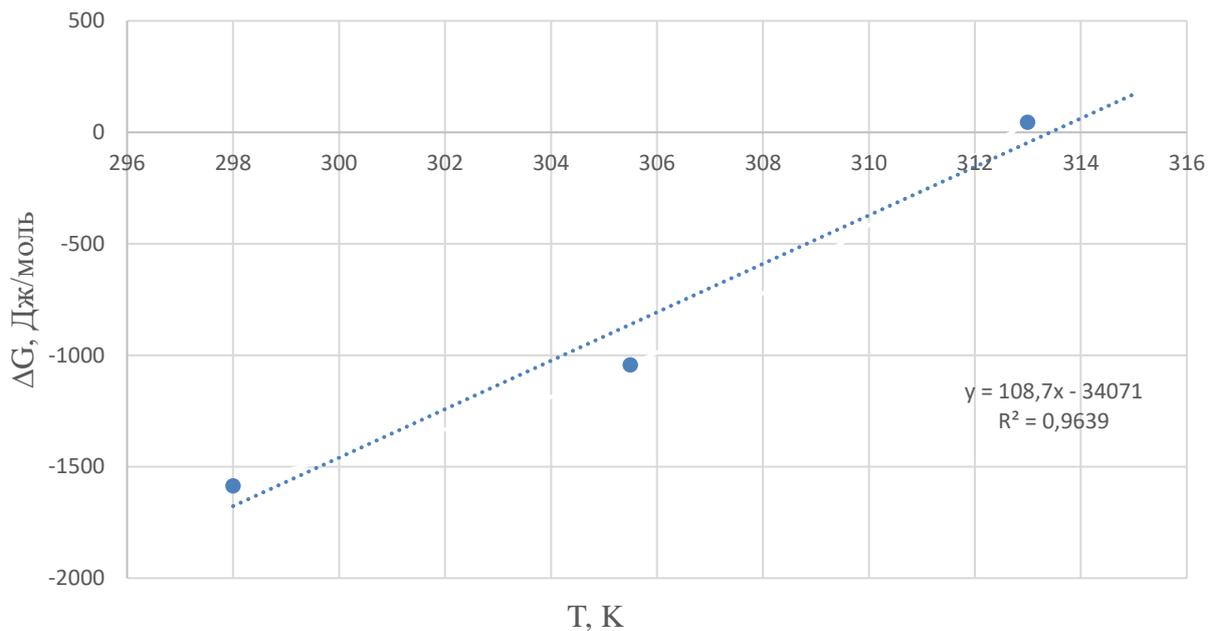


Рис. 4. Изотерма Ван-Гоффа для окисленного угля

В ходе эксперимента было выяснено что при адсорбции стронция на угле $\Delta H < 0$, что говорит об эндотермичности процесса адсорбции, то есть процесс адсорбции происходит с выделением определенного количества тепла. В ходе эксперимента с активным углем было выяснено, что адсорбционный процесс протекает самопроизвольно, так как $\Delta G < 0$ (рис. 5).

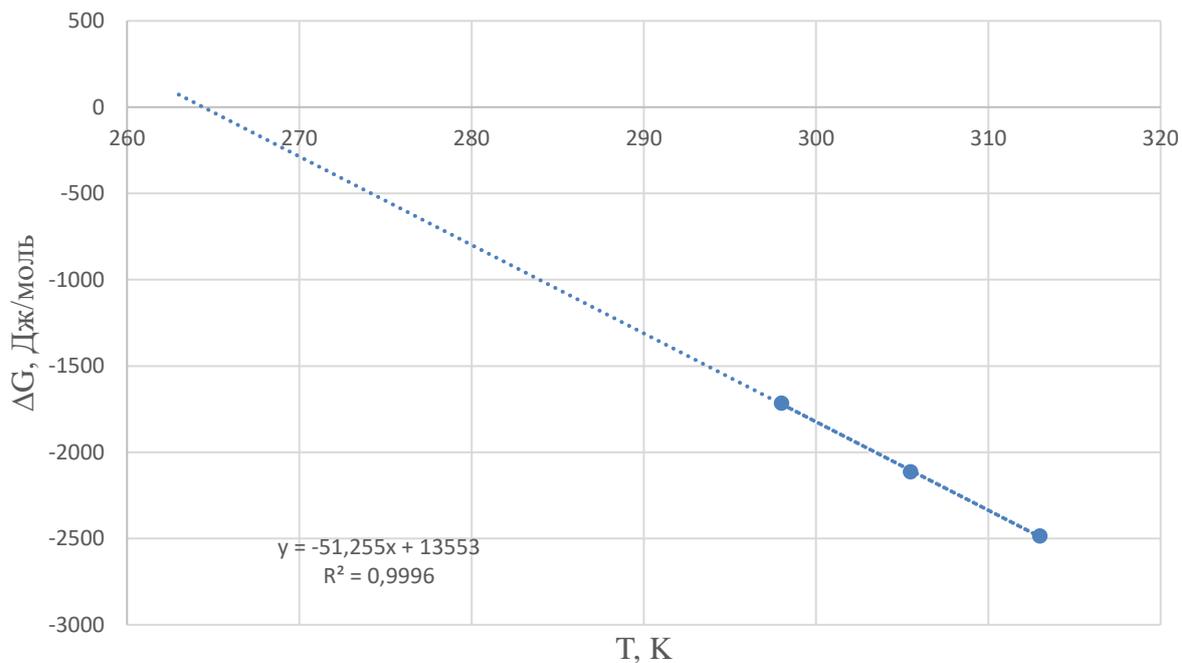


Рис. 5. Изотерма Ван-Гоффа для активного угля

Также было выяснено что при адсорбции стронция $\Delta H > 0$, что говорит об экзотермичности процесса адсорбции, то есть процесс адсорбции протекает с поглощением тепла из окружающей среды

Значение $\Delta S > 0$ говорит о том, что на поверхности образуются адсорбционные слои, ΔS возрастает (структура адсорбционных слоев является более упорядоченной, чем поверхность чистого адсорбента), образуются межмолекулярные связи между стронцием (адсорбатом) и активным углем (адсорбентом).

По результатам работы (таблица) видно, что активные угли обладают высокой эффективностью в процессе адсорбции стронция, что подтверждается результатами экспериментов. Адсорбционные процессы протекают спонтанно при температуре ниже 312 К, а их интенсивность возрастает с понижением температуры. Было установлено, что процесс адсорбции стронция на углях является эндотермическим, что указывает на выделение тепла в ходе взаимодействия адсорбента и адсорбата. Эти результаты подтверждают возможность широкого применения активных углей для очистки воды в биотехнологических и микробиологических производствах.

Расчитанные термодинамические характеристики сорбции стронция на активном и окисленном углях

| T, К | ΔG , Дж/моль | ΔH , Дж/моль | ΔS , Дж/(моль·К) |
|------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| Окисленный уголь | | | |
| 298 | -1585,69 | -34071 | -108,7 |
| 305,5 | -1043,87 | | |
| 313 | 44,86229 | | |
| Активный уголь | | | |
| 298 | -1716,49 | 13553 | 51,255 |
| 305,5 | -2114,51 | | |
| 313 | -2485,31 | | |

Список источников

1. Ишевский А. Л., Гунькова П. И., Успенская М. В. Практическая биотехнология : учебное пособие. СПб : Университет ИТМО, 2023. С. 29–30, 40–48.

2. Макаров А. Л., Беляев А. Н. Промышленные методы очистки воды // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» 2020. № 4. С. 230–234.

3. Краснова Т. А., Беляева О. В., Кирсанов М. П. Использование активных углей в процессах водоподготовки и водоотведения // Техника и технология пищевых производств. 2012. С. 1–10.

4. Современные технологии очистки природных вод от антропогенных загрязнений / Р. В. Федотов, С. А. Щукин, А. О. Степаносьянц, Н. И. Чепкасова // Журнал современные наукоемкие технологии 2016. № 9. С. 452–456.

References

1. Ishevsky A. L., Gunkova P. I., Uspenskaya M. V. Practical biotechnology: a textbook. St. Petersburg : ITMO University, 2023. Pp. 29–30, 40–48.

2. Makarov A. L., Belyaev A. N. Industrial methods of water purification // Scientific and educational journal for students and teachers «StudNet». 2020. № 4. P. 230–234.

3. Krasnova T. A., Belyaeva O. V., Kirsanov M. P. The use of activated carbons in water treatment and sanitation processes // Technique and technology of food production. 2012. P. 1–10.

4. Modern technologies of natural water purification from anthropogenic pollution / R. V. Fedotov, S. A. Shchukin, A. O. Stepanosiants, N. I. Chepkasova // Journal of Modern High Technologies. 2016. № 9. P. 452–456.