



Оценка площади удельной поверхности активированного угля (Изотерма Тип I) с помощью метода BET

Приборы BELSORP

Метод Брунауэра-Эммета-Теллера (сокращенно BET) является наиболее распространенным методом оценки удельной площади поверхности. Он применим к изотермам сорбции типа II и типа IV, и оценка проводится в диапазоне относительных давлений p / p_0 от 0,05 до 0,30, как рекомендовано IUPAC.¹ Хотя этот метод в основном неприменим к изотермам типа I, он часто используется, особенно потому, что уравнение Ленгмюра не применимо. Уравнение Ленгмюра подходит для конкретного случая хемосорбции в одном слое в свободном контакте с газовой фазой. Кроме того, это не относится к с изотермам, таким как типы I и II (микропористая и внешняя площадь поверхности) или типы I и IV (микро- и мезопористая площадь поверхности).

При оценке удельной площади поверхности BET в стандартном диапазоне давлений, рекомендованном IUPAC, удельная площадь поверхности занижена. Поэтому Рукероль расширил метод BET для Изотермы типа I с помощью разработанного графика Рукероля. Максимум этого графика (отмеченная синим цветом точка измерения) показывает верхний предел площади поверхности BET. Все значения измерений, превышающие этот предел, не должны использоваться для расчета площади поверхности. Обычно активированный уголь и цеолит с микропорами обеспечивают изотермы адсорбции I типа. На рис. 1 показано измерение сорбции азота (слева) активированного угля. Также представлен соответствующий график BET в стандартном диапазоне относительного давления

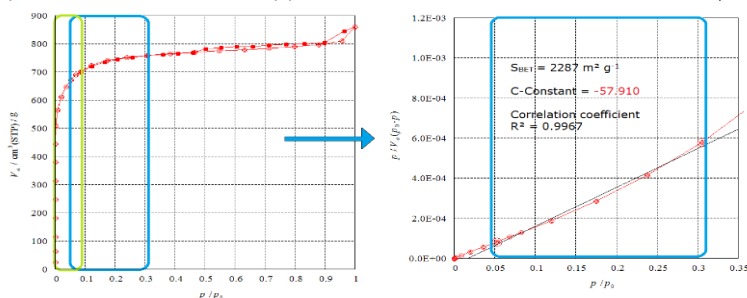


Рис. 1 Изотерма сорбции азота активированного угля при 77 К, предварительно обработанного при 573 К в вакууме в течение 2 ч (слева) и соответствующий BET график в стандартном диапазоне относительного давления

¹ M. Thommes, K. Keneko, A. V. Neimark, J. P. Oliver, F. Rodriguez-Reinoso, J. Rouquerol and K. S. W. Sing, Pure Appl. Chem. 2015, 87, 1051–1069
² J. Rouquerol, P. Llewellyn, F. Rouquerol, Stud. Surf. Sci. Catal. 2007, 160, 49–56.

В данном случае график, предложенный Рукером для определения относительного диапазона давления может быть применено выполнение критериев уравнения BET. Этот график показывает соотношение между $V_a(p_0-p)$ и относительным давлением, как показано на рис. 2. Максимальное значение по оси y обозначает конец диапазона BET который может формировать многослойность в микропорах. Удельная площадь поверхности BET определяется путем принятия относительного давления, определенного этим методом, в качестве конечной точки графика BET. Нижняя точка выбирается как можно ниже и с хорошей линейностью, дающей положительную C-константу. В данном случае площадь поверхности BET составила расчетным путем $2791 \text{ м}^2/\text{г}$ (C-константа: 3565.8; R^2 : 0.9998) и намного превышает значение, определенное в “неправильном” диапазоне давлений ($2287 \text{ м}^2/\text{г}$; см. Рис.1).

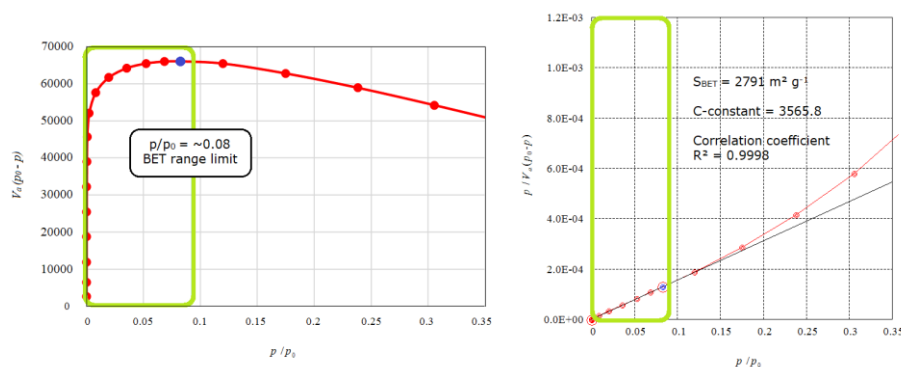
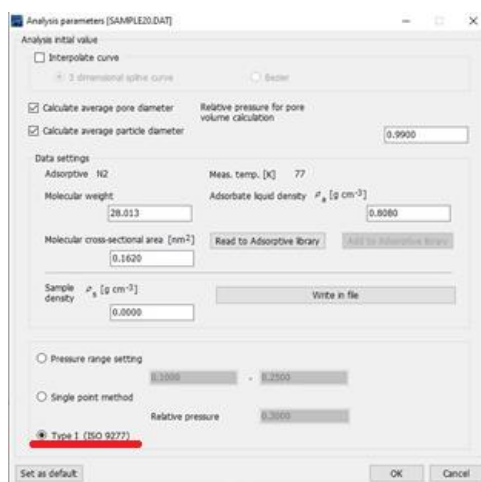


Рис. 2 График Рукероля (слева) и BET-график активированного угля в диапазоне относительного давления в соответствии с графиком Рукероля. (справа)

Этот метод также описан в Приложении к стандарту ISO 9277. Наше аналитическое программное обеспечение BEL Master 7 обладает функцией, с помощью которой любой желающий может легко определить диапазон BET.

Чтобы активировать функцию, пожалуйста, выполните следующие шаги:

1. Выбрать изотерму
2. Нажать на Анализ → BET график
3. Открыть BET график → Настройки → Анализ параметров настройки
4. Выбрать тип I (ISO 9277)



Предел диапазона BET будет выделен синим цветом как показано на Рис. 2 (справа).