

М. С. Василишин¹, А. П. Вандель², Н. В. Бычин², О. С. Иванов¹, А. А. Кухленко¹, С. Е. Орлов¹

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИГРОСКОПИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЛАГОПЕРЕНОСА АМИНАЛОНА

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), Бийск, Россия, e-mail: ipcet@mail.ru

² Открытое акционерное общество "Федеральный научно-производственный центр "Алтай" (ОАО "ФНПЦ "Алтай"), Бийск, Россия, e-mail: post@frpc.secna.ru

В результате обработки изотерм сорбции аминалоном паров воды получены зависимости потенциала влагопереноса и удельной изотермической влагоёмкости от равновесной влажности продукта. Экспериментальные данные могут быть полезны при обосновании выбора режимов сушки.

Ключевые слова: аминалон (гамма-аминомасляная кислота); изотермы сорбции; термодинамические параметры влагопереноса.

Разработка интенсивных технологий сушки дисперсных фармацевтических продуктов требует, наряду с изучением их структурно-механических и теплофизических свойств, предварительной оценки энергетических параметров взаимодействия влаги с твёрдым веществом. Процесс удаления влаги всегда сопровождается затратами энергии на разрушение связи между жидкостью и твёрдой поверхностью, а также на её перенос в той или иной форме внутри материала. Одним из методов количественной и качественной оценки связанной влаги является исследование изотерм сорбции, которые могут служить основой для расчёта некоторых термодинамических параметров влагопереноса [1, 2]. Изотермы сорбции позволяют непосредственно установить значение равновесной влажности для материала — важнейшей характеристики, во многом определяющей режим его термообработки и последующего хранения. Анализ изотерм позволяет объяснить некоторые структурно-механические изменения в материале при поглощении им влаги из окружающей среды.

В представленной работе приведены результаты экспериментального исследования сорбции аминалоном паров воды и определения некоторых термодинамических параметров влагопереноса. Аминалон (гамма-аминомасляная кислота, I) — широко применяемое в медицинской практике ноотропное средство, способствующее восстановлению процессов метаболизма в головном мозге, благоприятно влияющее на восстановление движений и речи после нарушения мозгового кровообращения [3].

Экспериментальная часть

В экспериментах использовался воздушно сухой фармакопейный I, выпускаемый в соответствии с ФСП 42-00-34632205 ОАО "Органика" (Новокузнецк). Предварительно определены некоторые физико-химические и теплофизические параметры исследуемого материала. Истинную плотность I определяли при по-

мощи гель-пикнометра AccuPyc 1340 (Австрия), удельную площадь поверхности материала — оптическим анализатором размеров частиц PIP 9.1 (Китай). Измерение величин теплоёмкости и теплопроводности I проводили соответственно при помощи приборов ИТ-С-400 и ИТ-λ-400 (Россия). Полученные результаты представлены в таблице.

Исследование морфологии и микроструктуры кристаллов I проводили при помощи растрового электронного микроскопа JSM-840 (Япония). На рис. 1 показана микрофотография кристаллов I (увеличение × 350). Кристаллы имеют призматическую форму и ярко выраженную слоистую текстуру. Грани крупных кристаллов скруглённые, что косвенно свидетельствует о гигроскопичности продукта и его частичном растворении в сорбированной влаге.

Изучали сорбцию I паров воды. Изотермы сорбции получены с использованием тензометрического метода [2], согласно которому образцы исследуемого материала помещались в эксикаторы над растворами солей, а также кислот определённой концентрации, после чего выдерживались при фиксированной температуре до установления постоянной массы. Равновесную влажность образцов определяли весовым методом.

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлены изотермы сорбции препаратом паров воды при различной температуре окружающей среды. Внешний вид изотерм характерен для кристаллических материалов, образующих в слое макропористую структуру [4]. На них прослеживаются 2 характерных участка. В диапазоне влажности воздуха от 0,15 до 0,4–0,5 изотермы имеют вид, свойственный мономолекулярной адсорбции. В дальнейшем линейный характер увеличения количества адсорбированной влаги нарушается, и она заполняет пространство между отдельными частицами, а также капилляры. По-видимому, наряду с полимолекулярной адсорбции-

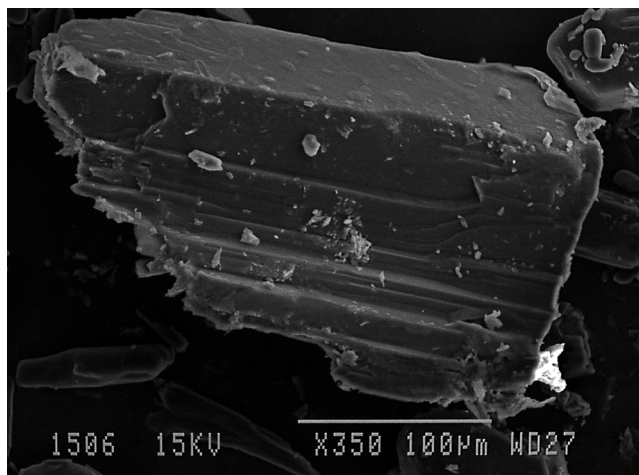


Рис. 1. Микрофотография кристаллов I (увеличение $\times 350$).

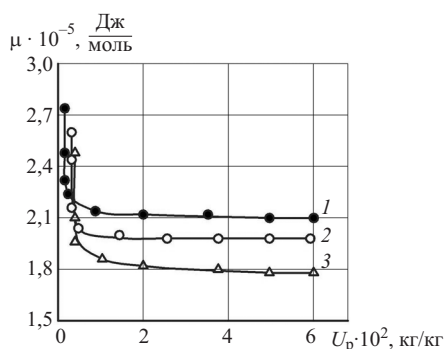


Рис. 3. Зависимость потенциала влагопереноса μ от равновесной влажности U_p I: 1 – 291 К; 2 – 298 К; 3 – 308 К.

ей, имеет место и частичное растворение аминалона в сорбированной влаге.

Известно [2], что величина равновесной влажности с ростом температуры окружающей среды для большинства дисперсных материалов уменьшается. Для I эта закономерность нарушается. Увеличение температуры окружающей среды от 291 до 308 К при влажности более 0,4 – 0,5 приводило к заметному росту равновесной влажности продукта. Объяснением этому может служить тот факт, что I хорошо растворим в воде и при повышении температуры, в соответствии с законом Рауля, отношение давления пара над раствором и над чистым растворителем должно уменьшаться. При этом происходит поглощение влаги I из окружающего воздуха.

Некоторые физико-химические и теплофизические параметры I

Параметр	Численное значение
Истинная плотность ρ , г/см ³	$1,23 \pm 0,002$
Удельная площадь поверхности $S_{уд}$, м ² /см ³	0,3
Теплоёмкость при 298 К C_p , кДж/(кг · К)	$1,58 \pm 0,16$
Теплопроводность при 298 К λ , Вт/(м · К)	$0,43 \pm 0,04$

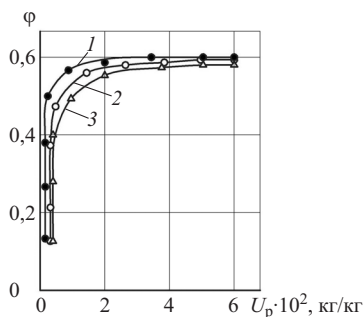


Рис. 2. Изотермы сорбции водяных паров I: 1 – 291 К; 2 – 298 К; 3 – 308 К.

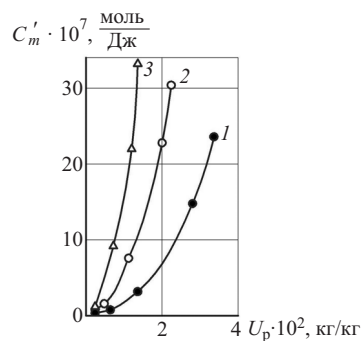


Рис. 4. Зависимость удельной изотермической влагоёмкости C'_m от равновесной влажности U_p I: 1 – 291 К; 2 – 298 К; 3 – 308 К.

В области гигроскопического состояния в качестве потенциала влагопереноса может быть принят химический потенциал, который является функцией влагосодержания и температуры материала. Энергия связи влаги с поверхностью определяется в соответствии с выражением [5]:

$$E = -RT \ln \phi, \quad (1)$$

где R — универсальная газовая постоянная, Дж/(моль · К); T — абсолютная температура, К; ϕ — влажность окружающей среды.

По абсолютной величине она соответствует химическому потенциалу влагопереноса парообразной влаги:

$$\mu = RT \ln \phi. \quad (2)$$

На рис. 3 показаны зависимости потенциала переноса влаги от величины равновесной влажности I, рассчитанные по уравнению (2) для 3 значений температуры окружающей среды. В области низких значений равновесной влажности химический потенциал резко возрастает. Полученные данные позволяют оценить величину энергии адсорбционной связи воды в I. В области мономолекулярной адсорбции она достигает величины $2,76 \cdot 10^5$ Дж/моль, а при заполнении влагой пор и капилляров снижается до $1,8 \cdot 10^5$ Дж/моль.

На основе полученных зависимостей $\mu = f(U_p; T)$ методом графического дифференцирования рассчита-

ны величины изотермической удельной влагоёмкости для I по соотношению:

$$C'_m = \left(\frac{\delta U}{\delta \mu} \right)_T. \quad (3)$$

Внешний вид кривых представлен на рис. 4. Установлено, что удельная изотермическая влагоёмкость I растёт с увеличением равновесной влажности и темп её увеличения в значительной степени зависит от температуры окружающей среды. Полученные данные позволяют оценить способность материала к поглощению влаги.

Таким образом, в результате выполненных исследований установлены численные значения энергии адсорбционной связи воды в I и его удельной изотерми-

ческой влагоёмкости. Полученные данные могут быть полезны при обосновании выбора режимов сушки продукта.

Литература

1. А. В. Лыков, *Теория сушки*, Энергия, Москва (1968).
2. С. М. Репринцева, И. В. Федорович, *Новые методы термообработки и сушки химико-фармацевтических препаратов*, Наука и техника, Минск (1979).
3. Ю. Ф. Крылов (ред.), *Регистр лекарственных средств России. Энциклопедия лекарств*, РЛС-2000, Москва (1999), с. 662.
4. Б. С. Сажин, *Основы техники сушки*, Химия, Москва (1984).
5. А. В. Лыков, *Теплообмен (Справочник)*, Энергия, Москва (1978).

Поступила 11.01.13

STUDYING HYGROSCOPIC PROPERTIES AND MOISTURE TRANSFER PARAMETERS OF AMINALON

M. S. Vasilishin^{1*}, A. P. Vandel², N. V. Bychin², O. S. Ivanov¹, A. A. Kukhlenko¹, and S. E. Orlov¹

¹ Institute for Problems of Chemical and Energetic Technologies, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, Biysk, Altai Krai, 659322 Russia;

² Federal Research and Production Center Altai, Biysk, Altai Krai, 659322 Russia;

* e-mail: ipcet@mail.ru

The results of processing of the isotherm of water sorption by aminalon yielded the dependences of the moisture transfer potential and specific isothermal moisture capacity on the equilibrium water content. These experimental data can be useful for selecting justified regimes of drying for aminalon.

Keywords: aminalon (gamma-aminobutyric acid); sorption isotherms; thermodynamic parameters of moisture transfer