

СОРБЦИОННОЕ УВЛАЖНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МЕСТНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Л. Г. ПОЛОЗОВА,
кандидат географических наук

Твердые тела, имеющие пористую структуру, обладают способностью поглощать пар из окружающего их воздуха. Это явление носит название сорбции и включает в себе суммарный эффект проникновения молекул пара внутрь твердого тела (абсорбция) и, в значительно большей мере, — прилипания молекул к поверхности капилляров и пор адсорбента (адсорбция).

Количество пара, сорбированное телом при установившемся равновесии, является функцией температуры, давления пара и природы адсорбента и адсорбируемого вещества.

Последовательно изменяя давление пара в окружающем воздухе и сохраняя при этом постоянную температуру, можно получить зависимость между давлением пара и содержанием поглощенной влаги в материале. В связи с тем, что указанная зависимость устанавливается при неизменной температуре, графическое выражение ее принято называть изотермой сорбции.

Для большинства строительных материалов, обладающих свойствами капиллярно-пористых коллоидных тел, характерна S-образная форма изотерм (рис. 2 стр. 261).

Согласно данным многочисленных исследований, процесс сорбции водяного пара капиллярно-пористыми коллоидными сорбентами происходит в нижеследующей последовательности. При малых величинах относительной влажности воздуха φ^* (от 0 до 10—15%) имеет место в основном мономолекулярная (однослойная) сорбция молекул воды. Изотерма сорбции на этом участке обращена выпуклостью к оси равновесной влажности. При повышении φ , по окончании процесса мономолекулярной сорбции, начинается процесс полимолекулярной (многослойной) сорбции (прямолинейный участок изотермы). При значениях φ выше 75—80% на процесс полимолекулярной сорбции накладывается процесс капиллярной конденсации, в результате чего поглощение сорбентом влаги резко увеличивается (изотерма сорбции обращена вогнутостью к оси равновесной влажности). Процесс капиллярной конденсации происходит в микрокапиллярах ($r < 10^{-5}$ см) при φ меньше 100% до заполнения их влагой.

* В дальнейшем относительная влажность воздуха обозначается буквой φ .

Давление пара над мениском макрокапилляров ($r > 10^{-5}$ см) от радиуса капилляров не зависит и равно давлению насыщенного пара над плоской поверхностью (4), вследствие чего заполнение макропор происходит только при непосредственном соприкосновении с влагой.

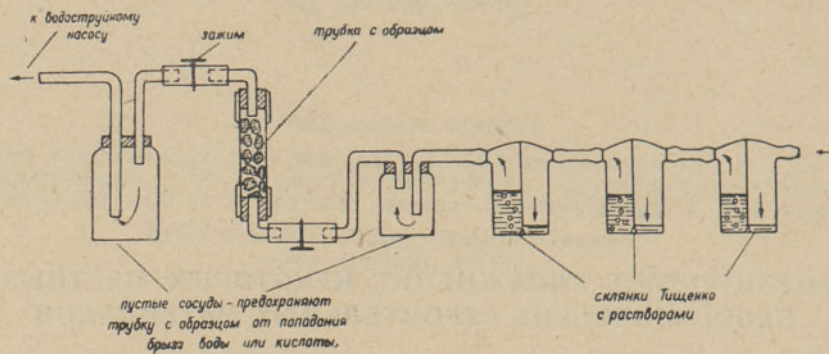


Рис. 1. Схема установки для определения равновесной влажности материалов динамическим методом.

Если насыщенный влагой материал помещать последовательно в ряд замкнутых пространств с различной (убывающей) относительной влажностью воздуха, то, высыхая, этот материал отдает влагу окружающему воздуху, а явление носит название десорбции и изображается графически в виде изотерм десорбции. В большинстве случаев изотермы сорбции-десорбции капиллярно-пористых тел не совпадают и образуют характерную петлю гистерезиса, которая отражает превышение величины равновесной влажности материала при десорбции над сорбционной равновесной влажностью при одной и той же величине относительной влажности воздуха.

Существует несколько гипотез, объясняющих явление сорбционного гистерезиса (1, 5).

Наиболее распространенной является гипотеза, объясняющая явление гистерезиса тем, что содержащийся на стенках капилляров сухого материала слой адсорбированного воздуха препятствует полному смачиванию их при сорбировании влаги из воздуха; обратный процесс (десорбция) происходит уже при полностью смоченных стенках капилляров.

Эксперименты, проведенные в высоком вакууме, не дают петли гистерезиса, что подтверждает справедливость объяснения явления гистерезиса присутствием адсорбированного воздуха на стенках капилляров.

По данным А. А. Роде (5), сорбированная влага замерзает при температуре значительно ниже 0° , причем часть ее, наиболее прочно связанная, не замерзает даже при понижении температуры до -78° . Сорбированная прочно-связанная влага обладает плотностью, превышающей 1, т. е. находится в сжатом состоянии и тесно связана с сорбентом, чем и отличается от капиллярно-конденсированной влаги, способной перемещаться в порах материала. Перемещающаяся в порах материала влага при наличии градиента температуры может скапливаться в зоне отрицательных температур и разрушать материал, замерзая в заполненных влагой порах. Поэтому наличие данных о сорбционной способности материалов позволяет судить о том, находится ли материал в переувлажненном состоянии и возможно ли замерзание влаги в его толще.

В большинстве случаев данные для построения изотерм сорбции и

десорбции получают тензиметрическим (статическим) методом. При этом методе образцы материала, высушенные до постоянного веса при 105°, помещают последовательно в эксикаторы над растворами серной кислоты различной концентрации или насыщенными растворами некоторых солей, над которыми в замкнутом пространстве создается определенная относительная влажность воздуха при изотермических условиях. Бюксы с образцами периодически взвешиваются до достижения постоянного веса, означающего установление равновесной влажности в материале при данной относительной влажности воздуха. Длительность опытов, особенно при высоких значениях φ , чрезвычайно велика. Для получения изотермы сорбции-десорбции приходится затрачивать 2—3 года, что совершенно неприемлемо для исследований новых материалов.

А. В. Лыков (4) кратко упоминает о динамическом методе, который иногда используется для ускорения процесса сорбции. Динамический метод состоит в том, что через стеклянную трубку с помещенными в нее кусочками материала протягивается при помощи водоструйного (или любого другого) насоса воздух определенной влажности. Необходимая степень влажности воздуха достигается путем протягивания его через ряд последовательно соединенных склянок Тищенко (или Дрекслея) с насыщенными растворами солей или серной кислоты определенной концентрации. При этом, как указывает автор, время достижения равновесной влажности сокращается до 5—10 часов.

Для исследования сорбционной способности новых местных строительных материалов* нами использовался преимущественно динамический метод. Схема установки для определения сорбционного увлажнения материалов динамическим методом приведена на рис. 1.

Достижение равновесной влажности в образцах определяется стабилизацией веса периодически взвешиваемых трубок с образцами. Время достижения равновесной влажности, как показали опыты, составляет 5—10 суток, а не 5—10 часов, как указывается Л. В. Лыковым. Следует отметить, что при проведении опытов динамическим методом достижение равновесной влажности при высоких значениях относительной влажности воздуха (90—100%) часто осложнялось конденсацией влаги на трубках с образцами, что было вызвано невозможностью достичь идеального термостатирования установки. В таких случаях для указанного интервала φ при построении изотерм использовались данные отдельных опытов, проведенных статическим методом, а также применялась экстраполяция, поскольку ни тем, ни другим методом невозможно получить равновесную влажность при $\varphi = 100\%$ **.

На основании проведенных опытов можно рекомендовать динамический метод определения сорбционной способности материалов в тех случаях, когда необходимо в сравнительно короткий срок получить ориентировочные данные для какого-либо материала; для уточнения этих данных на основании испытаний большого количества образцов более приемлем статический метод, при котором возможность массовой постановки опытов компенсирует выигрыш во времени, достигаемый при динамическом методе. Кроме того, можно значительно сократить длительность опытов, помещая одновременно несколько образцов одного материала в ряд пространств с различной относительной влажностью воздуха. Таким образом, данные для построения кривой сорбции можно получить в течение 7—10 суток динамическим методом и 3—4 месяцев — статическим.

* Исследовались сланцевоольные (пенобетон, бетон, микропорит) и известково-песчаные (пеносиликальцит) материалы.

** По данному вопросу имеются указания и в литературе (2, 5).

Следует также отметить, что испытание строительных материалов, изготавливаемых в пропарочных камерах и автоклавах, по-видимому, более целесообразно проводить в порядке, обратном общепринятому, т. е. не подвергать материал высушиванию при 105° и постепенному увлажнению, а испытывать его вначале в процессе десорбции и затем уже — сорбции. Такой порядок будет в большей степени соответствовать естественному ходу процессов десорбции-сорбции, протекающих в строительных материалах, которые после изготовления имеют повышенную влажность.

Основным материалом, испытывавшимся в описываемых опытах в циклах сорбции-десорбции, был пенобетон на различных сланцезольных вяжущих (обыкновенном, обыкновенном улучшенном и гидравлическом кукуермитах) без добавок и с добавками песка. Результаты опытов показали, что равновесная влажность сланцезольных пенобетонов сравнительно мало зависит от вида применявшегося сланцезольного вяжущего, а в большей степени — от количества добавляемого песка. Поэтому более целесообразным оказалось приводить осредненные данные для двух видов пенобетона: на кукуермите без добавок и с добавками песка (1:1). Эти два вида пенобетона резко отличаются по своим сорбирующим свойствам: пенобетон с добавками песка поглощает почти вдвое меньше влаги (максимальная гигроскопичность 13—15%), чем пенобетон без добавок (25—26%).

Испытывавшиеся образцы пеносиликальцита* различались лишь по объемному весу; полученные данные осреднены и приведены для трех величин объемного веса: 450 кг/м^3 , 700 кг/м^3 и 1000 кг/м^3 .

Результаты опытов приводятся ниже (табл. 1) в виде осредненных величин равновесной влажности (с указанием средней абсолютной ошибки) и графически представлены на рис. 2, где заштрихованные поля обозначают пределы колебаний изотерм сорбции и десорбции для отдельных образцов.

Осреднение изотерм произведено по 40 отдельным изотермам сорбции-десорбции, построенным на основании свыше 360 значений равновесной влажности (всего произведено около 2000 замеров).

Известно, что сорбционная влажность материалов увеличивается с понижением температуры. Так как проведение опытов по определению сорбционного увлажнения при температуре, отличной от комнатной, связано с известными трудностями технического порядка и значительной затратой труда, то нами была сделана попытка использовать потенциальную теорию Поляни (Polanyi) для расчета изотерм сорбции при любой температуре. Согласно теории Поляни**, адсорбция вызывается силами притяжения поверхности адсорбента (адсорбционный потенциал ϵ), имеющими электрическую природу и действующими на молекулы окружающего газа на определенном адсорбционном пространстве, ограниченном изопотенциальными поверхностями $\epsilon=1$ и $\epsilon=0$.

Основным допущением этой теории является независимость потенциала адсорбционных сил ϵ от температуры. Таким образом, определенному значению ϵ соответствует постоянный объем адсорбционного пространства W , не зависящий от температуры, т. е.

$$\epsilon = f(W). \quad (1)$$

* Так для краткости назван ячеистый бетон из известково-песчаной смеси, изготовленной в дезинтеграторе.

** Подробно изложена М. М. Дубининым. (3) и С. Брунауэром (4).

Равновесная объемная влажность материалов (%) в процессах сорбции (С) и десорбции (Д) водяного пара при различной относительной влажности воздуха и комнатной температуре (18–20° С)

Наименование материала	Объемный вес*, кг/м ³	Относительная влажность воздуха, %												
		33		50		75		92		100				
		С	Д	С	Д	С	Д	С	Д	С	Д			
Сланцеозольный пенобетон без добавок	900	3,0 ± 0,5	5,0 ± 0,5	4,0 ± 1,0	7,0 ± 1,0	8,5 ± 2,0	14,0 ± 2,0	16,0 ± 3,0	20,0 ± 3,0	25,0 ± 5,0				
Сланцеозольный пенобетон с до- бавкой песка (50% сланце- озольного вяжущего +50% мелкого песка)	1000	2,5 ± 0,5	3,5 ± 0,5	3,0 ± 0,5	4,5 ± 0,5	5,0 ± 1,0	7,5 ± 1,0	8,5 ± 2,0	12,0 ± 2,0	15,0 ± 5,0				
Сланцеозольный микропорит	1300	4,5 ± 0,5	8,5 ± 1,0	5,8 ± 1,0	10,5 ± 1,0	7,8 ± 1,0	13,0 ± 1,0	13,0 ± 2,0	17,0 ± 2,0	20,0 ± 3,0				
Тяжелый сланцеозольный бетон на известняковом щебне (состава 1:2:3)	2400	0,7 ± 0,2	2,0 ± 0,2	1,2 ± 0,2	2,5 ± 0,2	2,6 ± 0,2	3,5 ± 0,3	4,5 ± 0,5	4,9 ± 0,5	6,0 ± 1,0				
Пеносиликалит	450	0,8 ± 0,2	1,8 ± 0,2	1,2 ± 0,2	2,2 ± 0,2	1,5 ± 0,2	2,5 ± 0,2	4,0 ± 0,3	4,5 ± 0,5	8,0 ± 1,0				
"	700	1,5 ± 0,3	4,0 ± 0,3	1,8 ± 0,3	4,7 ± 0,3	3,2 ± 0,3	5,6 ± 0,3	6,0 ± 0,5	7,5 ± 0,5	12,0 ± 2,0				
"	1000	1,8 ± 0,5	6,5 ± 0,5	2,5 ± 0,8	7,0 ± 0,8	4,8 ± 0,8	7,5 ± 0,8	9,5 ± 1,0	10,5 ± 1,0	16,0 ± 3,0				

* В высушенном до постоянного веса состоянии при 105° С.

Однако количество адсорбированного вещества a_a , содержащегося в этом постоянном объеме, благодаря тепловому расширению адсорбированного вещества для разных температур различно. Уравнение (1) можно рассматривать как эквивалентное уравнению изотермы сорбции. Но поскольку в такое уравнение входит большое число переменных (температура, давление, количество сорбированного вещества), то простейшим путем его решения Поляни считал нахождение распределения потенциала по одной, экспериментально определенной изотерме (например, при комнатной температуре) и вычисление других изотерм по этой последней.

В первом приближении адсорбционный потенциал вычисляется на основании двух предположений: 1) пар в газовой фазе подчиняется законам идеальных газов; 2) адсорбированная жидкость не поддается сжатию. При этом потенциал адсорбционных сил ε является работой изотермического сжатия пара от давления e до E (давления насыщенного пара над жидкостью) и выражается формулой Клапейрона

$$\varepsilon = RT \ln \frac{E}{e}. \quad (2)$$

Если W — объем жидкого адсорбированного слоя, заполняющего адсорбционное пространство, которое соответствует потенциалу адсорбционных сил ε , a_a — масса этого слоя и ρ — его средняя плотность, то

$$W = \frac{a_a}{\rho}. \quad (3)$$

В используемом строительной практикой диапазоне температур можно пренебречь изменениями плотности жидкого слоя (воды) в зависимости от температуры и принять величину ρ равной 1.

Определив опытным путем величины равновесной влажности a_a при данной температуре для различных точек изотермы адсорбции и вычислив для этих точек из уравнения (2) величину ε , можно получить данные для построения характеристической кривой $\varepsilon = f(W)$ или $\varepsilon = f(a_a)$, на основании которой производится расчет кривых сорбций для любой температуры.

Приведем пример расчета изотермы на основании опубликованных данных (6) о сорбционном увлажнении пенобетона. Данные для пенобетона $\gamma = 800 \text{ кг/м}^3$ при температуре 20° представлены в табл. 2.

Таблица 2

Относительная влажность воздуха в %	100	90	80	70	60	50	40	30
Упругость водяных паров e в мм рт. ст.	17,54	15,80	14,05	12,30	10,52	8,77	7,02	5,26
Весовая влажность материала a_a в г на 1 г адсорбента	0,065	0,051	0,042	0,035	0,030	0,025	0,022	0,018
$\ln E/e$	0,000	0,105	0,225	0,355	0,511	0,693	0,916	1,204
$\ln \varepsilon^*$	—	14,468	15,230	15,686	16,050	16,355	16,634	16,907

*) $\varepsilon = RT \ln \frac{E}{e} = 6,236 \cdot 10^4 \cdot 293 \ln \frac{E}{e} = 1827,148 \cdot 10^4 \ln \frac{E}{e}$.

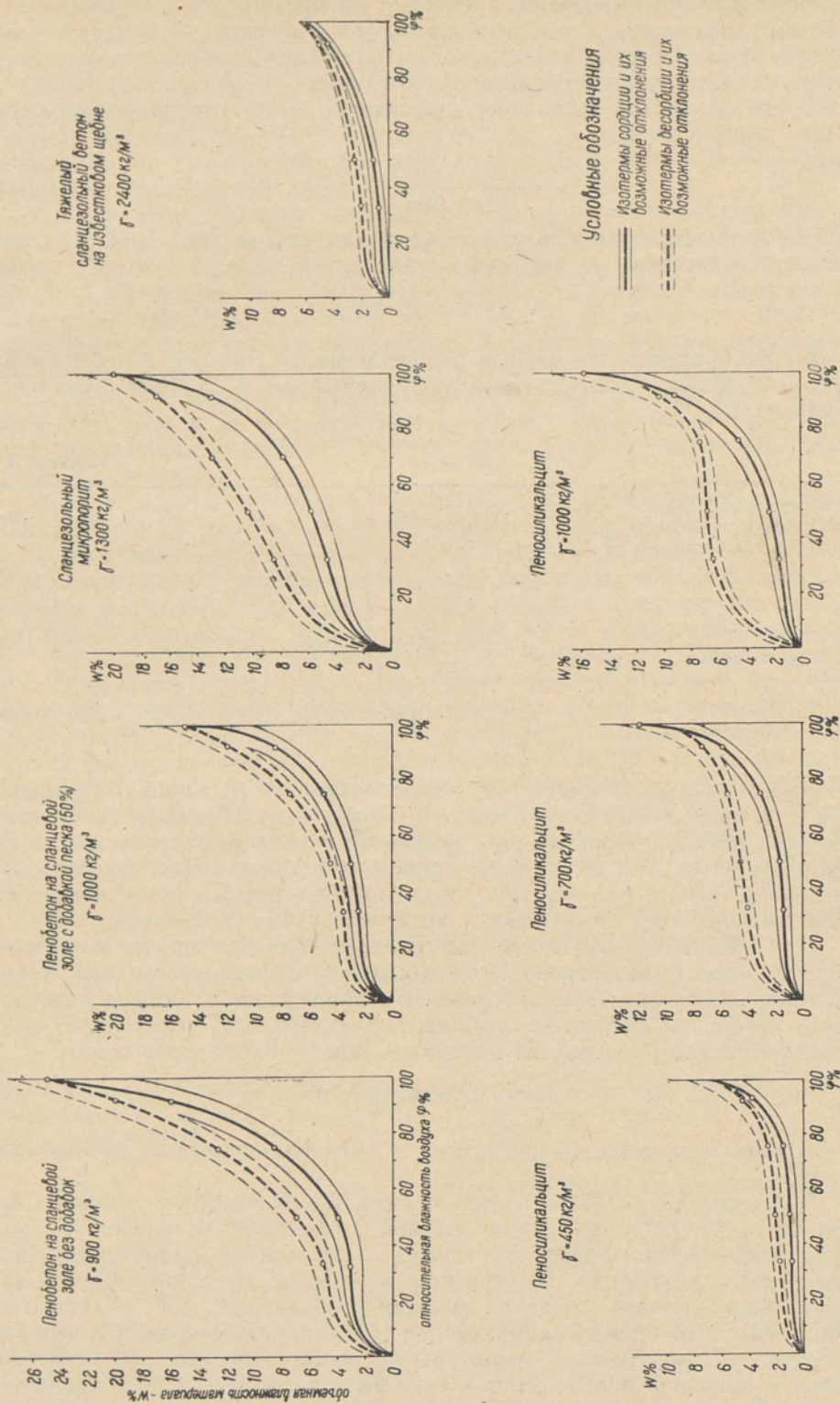


Рис. 2. Изотермы сорбции и десорбции некоторых строительных материалов (при температуре $18 \pm 2^\circ\text{C}$).

На основании вычисленных величин ε и имеющихся величин a_θ была найдена графически (путем подбора соответствующих координат) зависимость $\varepsilon=f(a_\theta)$, которая в полулогарифмических координатах ($a_\theta, \ln \varepsilon$) выражается в виде прямой. Для аналитического выражения зависимости между $\ln \varepsilon$ и a_θ было составлено уравнение прямой в текущих координатах по двум точкам:

$$a - a_1 = \frac{a_1 - a_2}{\ln \varepsilon_1 - \ln \varepsilon_2} (\ln \varepsilon - \ln \varepsilon_1). \quad (4)$$

После подстановки численных величин, взятых из табл. 2, получается окончательно уравнение изотермы:

$$a = 0,270 - 0,0149 \ln \varepsilon. \quad (5)$$

В табл. 3 приводятся данные, рассчитанные по формуле (5) для температуры 0° , и для сравнения — данные, приводимые А. У. Франчуком в его таблицах (6).

Таблица 3

Относительная влажность воздуха в %	100	90	80	70	60	50	40	30
$\ln \varepsilon$ ($t=0^\circ \text{C}$)	0	-14,396	15,150	15,614	15,979	16,283	16,562	16,832
a_θ (вычисленное) в г на 1 г адсорбента	—	0,056	0,044	0,038	0,032	0,027	0,023	0,019
a_θ (по Франчуку) в г на 1 г адсорбента	—	0,055	0,045	0,039	0,033	0,029	0,025	0,021

Весьма близкое соответствие вычисленных по уравнению (5) значений a_θ и приводимых в таблицах (6), может быть объяснено либо удачным совпадением теоретических расчетов с экспериментальными данными, либо тем, что в таблицах приводятся данные для сорбции при высоких и низких температурах, полученные расчетным путем, аналогичным приведенному. Это, однако, нигде не оговорено автором.

Для проверки полученного расчетного метода был проведен опыт по определению сорбционного увлажнения сланцевого пенобетона ($\gamma_c = 900 \text{ кг/м}^3$) при температуре $+40^\circ$. На основании имеющихся для этого материала данных по сорбции, полученных при температуре $+20^\circ$, была рассчитана равновесная влажность для $t=40^\circ$ по уравнению:

$$a = 0,390 - 0,0209 \ln \varepsilon. \quad (6)$$

В табл. 4 приводятся расчетные и экспериментальные данные для $t=40^\circ$.

Как видно из таблицы, наряду с удачным совпадением данных в интервале φ 30—60%, при более высокой относительной влажности воздуха расхождение данных получилось значительным. Причиной этого могли быть колебания температуры в опытах, производившихся при комнатных условиях, когда на трубках с образцами мог образоваться конденсат, в то время как опыты при $t=40^\circ$ производились в ультратермостате, где колебания температуры не превышали $0,05^\circ$. В некоторой степени причиной расхождения может быть и наличие капиллярной конденсации, которая в теории Поляни не учитывается.

Из полученных в настоящей работе и опубликованных А. У. Франчуком⁽⁶⁾ данных следует, что разница в величине сорбционного увлажнения (например, для пенобетона) при изменении температуры на 20° составляет всего 0,3—0,5%. Если учесть, что данные, получаемые экспериментальным путем, имеют значительно бóльшие колебания (см. таблицу 1), то, очевидно, при использовании этих данных в расчетах можно в большинстве случаев пренебрегать зависимостью сорбционного увлажнения от температуры.

Однако вышесказанное нельзя отнести к процессу десорбции. Как показали опыты по десорбции, проведенные при температуре -10°, влажность образцов (при понижении относительной влажности воздуха от 90 до 35%) изменялась весьма незначительно и разница в равновесной влажности образцов при $t=+20^\circ$ и $t=-10^\circ$ доходила до 10%, что объясняется, по-видимому, замерзанием в порах материала свободной и части сорбированной влаги. Явление десорбции в строительных материалах при отрицательных температурах совсем еще не освещено в литературе, хотя вопрос этот представляет не только теоретический, но и большой практический интерес и требует для своего изучения обширного опытного материала.

Следует коротко остановиться также на результатах опыта по выяснению вопроса об изменениях, происходящих в сланцезольном пенобетоне и пеносиликальците в процессе высушивания образцов при 105° и выше. В данном опыте влажные образцы материала высушивались до равновесного состояния через каждые 10° в пределах температуры от +25 до +200°. Результаты опытов показали, что в интервале температур 50—70° в плавном ходе кривых сушки пенокукермитов появляется скачок, т. е. более интенсивная отдача влаги материалом, чего не наблюдается у пеносиликальцита. Повторный цикл опытов с теми же образцами, вновь увлажненными, дал ту же картину. Можно предположить, что из пенокукермитов в интервале температур 50—70° выделяется структурно-связанная или гелевая вода, вновь поглощаемая при повторном замачивании образцов; возможна и дегидратация сульфатов кальция. В пеносиликальците таких обратимых изменений не наблюдалось, что соответствует представлению о большей степени кристаллизации гелей в автоклавных материалах.

Кроме указанного скачка, кривые сушки для всех образцов имеют плавный ход и влажность их убывает равномерно на протяжении всего исследуемого интервала температуры. Из этого следует, что принятое в строительной физике и материаловедении «сухое состояние образца»,

Таблица 4

Относительная влажность воздуха в %	30	40	50	60	70	80	90
$\ln \epsilon$ ($t=40^\circ$)	16,971	16,698	16,479	16,114	15,750	15,293	14,532
a г/г ($t=20^\circ$) эксперим.	0,039	0,044	0,049	0,056	0,063	0,073	0,090
a г/г ($t=40^\circ$) эксперим.	0,035	0,040	0,046	0,052	0,056	0,060	0,065
a г/г ($t=40^\circ$) расчетное	0,035	0,041	0,047	0,053	0,061	0,070	0,086

высушенного при 105° , является понятием условным. Особенно это относится к рассматриваемым материалам, поскольку при температуре выше 105° интенсивность отдачи влаги образцами не уменьшается вплоть до $160-170^{\circ}$. В связи с этим для получения сравнимых данных о сухом состоянии материалов необходимо, очевидно, придерживаться строго условленной температуры 105° .

Выводы

1. Выяснена целесообразность использования для получения данных о сорбционной способности строительных материалов ускоренного динамического метода, который при сокращении длительности опытов в 10—15 раз по сравнению со статическим методом дает вполне удовлетворительные результаты.

2. Показана возможность расчета изотерм сорбции-десорбции для различных температур на основании теории Поляни по одной изотерме, полученной опытным путем.

3. Выяснено, что изменение величины сорбционного увлажнения сланцезольных и известково-песчаных строительных материалов в зависимости от температуры незначительно и сравнимо с колебаниями величин равновесной влажности, получаемых для различных проб одного образца материала (вследствие его неоднородности). В связи с этим в практических расчетах влажностного режима ограждений этой зависимостью в большинстве случаев можно пренебречь.

*Институт строительства и строительных материалов
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
28 III 1956

ЛИТЕРАТУРА

1. С. Брунауэр, Адсорбция газов и паров, т. I, ИЛ, Москва, 1948.
2. Д. Буймович, О книге А. В. Лыкова «Явления переноса в капиллярно-пористых телах», Теплоэнергетика, № 11, 1955.
3. М. М. Дубинин, Физико-химические основы сорбционной техники, Москва, 1932.
4. А. В. Лыков, Теория сушки, Госэнергоиздат, Москва, 1950.
5. А. А. Роде, Почвенная влага, Москва, 1952.
6. А. У. Франчук, Таблицы теплотехнических показателей строительных материалов, Стройиздат, Москва—Ленинград, 1949.
7. Сланцезольные материалы в строительстве, Сборник статей Института строительства и строительных материалов АН ЭССР, Эстгосиздат, Таллин, 1955.

MÖNINGATE KOHALIKE MITTEORGAANLISTE EHITUSMATERJALIDE SORBTSIONSEST NIISKUMISEST

L. POLOZOVA;
geograafiaeaduste kandidaat

Resümee

Poorse struktuuriga tahketel kehadel on omadus imada veeauru neid ümbritsevast õhust.

Veeauru hulk, mida keha sisaldab niiskuse tasakaalu puhul, oleneb temperatuurist, veeauru rõhust ning adsorbendi ja adsorbeeruva aine iseloomust. Muutes järk-järgult konstantse temperatuuri juures ümbritseva õhu veeauru rõhku, selgub seos selle rõhu ja materjali sisseimanud

niiskuse vahel. Nimetatud seose graafilist väljendust nimetatakse sorbt-siooni isotermiks, sest see olenevus määratakse muutumatu temperatuuri juures. Kui niiskusega küllastatud materjal paigutada väiksema relatiivse niiskusega ruumi, siis annab materjal kuivades niiskust ümbritsevale õhule — toimub desorptsioon.

A. Rode andmeil ⁽⁵⁾ külmub sorptsiooniiskus 0°-st tunduvalt madalamal temperatuuril, kusjuures kõige tugevamini seotud osa sellest niiskusest ei külmu isegi kuni -78° C juures. Tugevasti seotud sorbt-siooniiskuse tihedus on suurem kui 1. See tähendab, et antud juhul on sorptsiooniiskus surutud olekus ja tihedalt seotud sorbendiga, erinedes selle poolest kapillaarsest kondensniiskusest, mis liigub materjali poorides. Teades materjalide sorptsiooniomadusi, võime otsustada, kas antud materjal on üleniiskunud olekus ja kas temas on võimalik niiskuse külmumine. Tavaliselt saadakse andmed sorptsiooni ja desorptsiooni isotermide joonestamiseks tensimeetrilise (staatilise) meetodi abil. Seejuures kulutatakse sorptsiooni-desorptsiooni isotermide saamiseks 2—3 aastat.

Sorptsiooniprotsessi kiirendamiseks kasutatakse vahel dünaamilist meetodit, mille juures läbi klaastoru, kuhu on paigutatud materjalitükikesed, juhitakse pumba abil teatud niiskusega õhk. Õhu vajalik niiskus saadakse tema läbijuhtimise teel omavahel ühendatud Tištšenko klaasikestest, mis sisaldavad soolade küllastatud lahuseid või teatud kontsentratsioonis väävelhapet.

Uute kohalike ehitusmaterjalide¹ sorptsiooniomaduste uurimiseks kasutati käesolevas töös peamiselt dünaamilist meetodit. Niiskuse tasakaalu saavutamiseks kulus aega 5—10 ööpäeva.

Katsete tulemused on toodud tabelis tasakaaluliste niiskuste keskmiste suuruste näol (keskmise absoluutse vea äranäitamisega) ja esitatud ka graafiliselt. Kõnesolevad keskmised on saadud 40-st sorptsiooni-desorptsiooni eri isotermist, mis on joonestatud üle 360 tasakaalulise niiskuse määramise alusel (kokku on teostatud ligi 2000 määramist).

Käesoleva töö tulemustest ja andmetest järeldub, et temperatuuri muutmisel 20° võrra on näiteks vahtbetoonil sorptsiooniiskuste erinevus vaid 0,3—0,5%. Kui arvestada, et eksperimentaalsel teel saadud andmetes esinevad tunduvalt suuremad kõikumised (tabel 1), siis võib nende andmete kasutamisel arvutustes nähtavasti enamikul juhtumel mitte arvestada sorptsiooniiskuse olenevust temperatuurist.

Ülalöeldu pole kehtiv desorptsiooni protsessi kohta. Nagu näitasid desorptsiooni kohta -10° juures teostatud katsed, muutus katsekehade niiskuse õhu relatiivse niiskuse vähenemisel 90%-st 35%-ni vaevaltmargatavalt ja katsekehade tasakaaluliste niiskuste vahe $t = +20^\circ$ ja $t = -10^\circ$ juures ulatus kuni 10%-ni, nähtavasti vaba- ja osaliselt sorbeerunud niiskuse külmumise tõttu materjali poorides. Ehitusmaterjalide desorptsiooni nähtusi negatiivsetel temperatuuridel ei ole siiani kirjanduses valgustatud, kuigi see küsimus pakub huvi mitte ainult teoreetilisest, vaid ka praktilisest seisukohast.

¹ Uuriti põlevkivituhk-materjale (vahtbetoon, harilik betoon, mikroporiit) ja lubi-liivmaterjale (vahtsilikaatsiit).

FEUCHTIGKEITSAUFNAHME DURCH SORBTION BEI EINIGEN ANORGANISCHEN BAUMATERIALIEN

L. POLOZOWA

Zusammenfassung

Beton mit Brennschieferasche bzw. Kalksilikaten ist experimentell auf seine Feuchtigkeitsaufnahme geprüft worden. Die Resultate sind als Sorbtions-Desorbtiionsisothermen bei einer Temperatur von $18 \pm 2^\circ$ dargestellt.

Es hat sich herausgestellt, dass es zweckmässig ist, zur Feststellung der Sorbtionsfähigkeit der Baumaterialien eine beschleunigte dynamische Methode anzuwenden, die es erlaubt, die Dauer der Versuche im Vergleich mit der statischen Methode ums 10—15fache zu verkürzen und dabei genügend genaue Ergebnisse liefert. Die Theorie von Polanyi ermöglicht es, auf Grund einer einzigen experimentell ermittelten Isotherme andere Sorbtions-Desorbtiionsisothermen für verschiedene Temperaturen zu errechnen. Es zeigt sich, dass die Grösse der Sorbtionsfähigkeit bei Baumaterialien aus Brennschieferasche bzw. Kalksilikaten mit Temperaturschwankungen nur unbedeutend variiert. Diese Verschiedenheiten der Sorbtionsfähigkeit können den Feuchtigkeitsschwankungen bei verschiedenen Proben ein und desselben Materials (wegen dessen Ungleichartigkeit) gleichgestellt werden. Infolgedessen können diese Verschiedenheiten bei der praktischen Kalkulation des Feuchtigkeitsregimes meist unbeachtet bleiben.

*Institut für Bauwesen und Baumaterialien
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR*

Eingegangen
am 28. März 1956