

Л64

Р-Р

578/

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ УССР

КИЕВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ им. А.М. ГОРЬКОГО

Д. П. ЛИТЕВЧУК

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ
МАКРОПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ
ДИСПЕРСНЫХ КАПИЛЛЯРНОПОРИСТЫХ ТЕЛ

Работа написана на русском языке

(01.054 - молекулярная физика)

НБ НПУ

імені М.П. Драгоманова



100313375

Автореферат

диссертации на соискание учёной степени
кандидата физико-математических наук

Киев-1971₂

Работа выполнена на кафедре физики Киевского технологического института легкой промышленности.

Научный руководитель – доктор технических наук,
профессор КАЗАНСКИЙ М.Ф.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Н.В.ЧУРАЕВ,
кандидат физико-математических наук, доцент Б.П.ДУЩЕНКО

Внешняя рецензия – Институт технической теплофизики АН УССР

Автореферат разослан " ____ " _____ 1971 г.

Защита диссертации состоится " ____ " _____ 1971 г.

на заседании Ученого Совета физико-математического факультета Киевского Государственного педагогического института им. А.М.Горького / Киев, бульвар Шевченко, $\frac{22}{24}$ /.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Структура порового пространства дисперсных тел является одним из тех важных факторов, от которых в значительной мере зависят явления переноса различных физических субстанций, а также другие физические закономерности, представляющие значительный интерес для молекулярной физики и термодинамики дисперсных систем. Исследование структуры пористых тел предоставляет как научный, так и практический интерес при решении многих вопросов в различных отраслях народного хозяйства. Так, например, при выяснении молекулярно-физического механизма процессов переноса неизбежно приходится учитывать поровую структуру изучаемых тел.

Капиллярнопористые тела находят широкое применение в народном хозяйстве. Производство пористых материалов с заранее заданным комплексом физико-механических и технологических свойств нуждается в знании ряда структурных характеристик материалов. Поэтому при выборе, обработке и получении новых видов пористых материалов необходимы четкие представления о поровой структуре этих материалов.

Следовательно, изучение поровой структуры как природных, так и синтетических пористых материалов является весьма актуальным.

Среди различных характеристик поровой структуры дисперсных тел основной является функция распределения пор по их размерам.

Широкое внедрение в современную технику высокодисперсных сорбентов способствовало исследованию структуры их микропор $r < 10^{-7}$ м/ и, в частности, развитию методов определения функции распределения микропор в сорбентах.

Для решения практических задач тепло- и массопереноса в грубодисперсных телах, таких как сушка, фильтрация и др., необходимо располагать сведениями о дифференциальной структуре макро-

пор $r > 10^{-7}$ м/. Однако, работы, посвященные изучению распределения макропор, не получили еще надлежащего развития. Кроме отдельных работ, нам не известны работы, посвященные систематическому изучению макропористой структуры дисперсных систем.

Такое состояние вопроса объясняется, прежде всего, отсутствием метода, служащего для надежного определения дифференциальной макропористой структуры тела во всем диапазоне размеров макропор без нарушения естественной поровой структуры.

В связи с этим нами были поставлены следующие задачи исследования:

1. Создать метод, пригодный для определения дифференциальной характеристики макропористой структуры капиллярнопористых тел в широком диапазоне размеров макропор, вплоть до области микропор.

2. Провести комплексное определение дифференциальной поровой структуры типичных макропористых тел различными, применяемыми в современной лабораторной практике методами, и по результатам комплексного исследования установить возможности и недостатки каждого из применяемых для исследования методов.

Диссертация изложена на 152 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырех глав, общих выводов, приложения и списка цитируемой литературы.

I.

В первой главе рассмотрены основные характеристики поровой структуры дисперсных тел и дан критический анализ методов их определения. В реферлируемой работе мы придерживались общепринятого в теплофизике / А.В.Лыков / деления дисперсных тел по их коллоидно-физическим свойствам на три группы: капиллярнопористые, коллоидные и коллоидные капиллярнопористые.

В связи со сложной геометрией порового пространства экспериментальное и теоретическое изучение физических процессов, происходящих в порах дисперсной среды, весьма затруднительно. Поэтому, при изучении физических закономерностей явлений переноса в пористых телах приходится использовать упрощенную схему порового пространства / модели идеального или фиктивного грунта / , моделирующую с некоторым приближением естественную пористую среду. Во многих случаях закономерности, устанавливаемые на отдельных грунтах, могут переноситься на реальные тела и позволяют достаточно хорошо описывать некоторые свойства последних при надлежащем подборе параметров.

Обычно структуру порового пространства дисперсных систем характеризуют общей пористостью, удельной поверхностью, размерами пор и функцией распределения пор по их размерам. Среди этих характеристик наиболее важное значение имеет функция распределения пор по их размерам, поэтому основное внимание в нашей работе было обращено на исследование дифференциальной характеристики поровой структуры, дающей наиболее совершенную информацию о геометрии порового пространства дисперсных систем.

Существующие методы определения функции распределения пор можно разделить на две группы. К первой группе относятся методы определения функции распределения микропор, радиусы которых меньше 10^{-7} м; ко второй группе относятся методы определения функции распределения макропор / $r > 10^{-7}$ м /.

Для изучения структуры микропористых сорбентов широко применяются адсорбционные методы, разработанные М.М.Дубининым, С.Брунауэром, А.В.Киселевым, С.П.Ждановым. Данные о поровой структуре, полученные адсорбционными методами, могут быть дополнены данными, полученными методом ртутной порометрии

/ Вашборн, Риттер и Дрейк, Т.Г. Плаченев/, а также электронной микроскопии / В.М. Лукьянович, Е.А. Леонтьев, Л.В. Радушкевич/.

Перечисленные методы широко применялись для определения дифференциальной микропоровой структуры пористых материалов с жестким скелетом твердой фазы. Большая часть этих методов непригодна для исследования структуры легкодеформируемых пористых материалов.

В области микропор в настоящее время широкое применение получило комплексное исследование поровой структуры модельных дисперсных тел различными независимыми методами, что обеспечивает возможность получения наиболее достоверных результатов. Кроме того, такой подход к изучению поровой структуры, как отметил академик М.М. Дубинин, позволяет установить, в какой мере разные методы могут дополнить друг друга, а также, насколько можно говорить об абсолютном значении характеристик структуры, к которым они приводят.

В области же макропор до настоящего времени не проводилось комплексного исследования поровой структуры различными независимыми методами.

Существующие методы для определения дифференциальной характеристики макропоровой структуры дисперсных тел можно разделить на две подгруппы. К первой подгруппе отнесем методы, основанные на капиллярных явлениях. Ко второй — методы, основанные на фильтрационных явлениях.

Методы, основанные на капиллярных явлениях, были предложены: А.В. Думанским / метод капиллярного поднятия жидкости в сухом образце/, О.М. Ксенжеком /центробежный метод/, Ю.Б. Меклером / люминесцентный метод/, А.С. Беркманом /метод ртутной порометрии при низких давлениях/. Большинство из этих методов

применяются в настоящее время для исследования макропористой структуры только сыпучих капиллярнопористых тел.

Существенным недостатком методов, основанных на законе капиллярного поднятия жидкости, является то, что при расчете размеров пор краевой угол принимается равным нулю. Это допущение приводит к значительным отклонениям получаемых результатов от действительной картины распределения пор по их размерам, т.к. известно, что краевой угол при капиллярной пропитке пористых тел значительно отличается от нуля /Б.В.Дерягин/.

Методы, основанные на фильтрационных явлениях, разработаны Пизой и Эрбе, Н.А.Фигуровским, В.П.Воларовичем, Н.В.Чураевым, Б.Я.Минковым. Среди фильтрационных методов широкое распространение получил метод фильтрации "меченой" жидкости, предложенный Н.В.Чураевым и др., и успешно применен для определения структурных характеристик тел, как с жестким скелетом твердой фазы, так и тел деформирующихся в процессе увлажнения /различные типы торфа, силикагели, кварцевый песок и др./. Однако и данный метод не лишен некоторого недостатка. Этот недостаток связан с тем, что при исследовании пористой структуры дисперсных тел в области малых размеров пор /при малых скоростях движения "меченой" воды /из-за диффузии метки в вытесняющей жидкости может произойти заметное искажение экспериментальной кривой, а, значит, и результатов расчета размеров пор.

Другие фильтрационные методы из-за значительной приближенности получаемых результатов широкого распространения не получили.

Перечисленные методы дают возможность определить дифференциальную функцию распределения эквивалентных размеров пор, так как они основаны на модельном идеализированном представлении о пористом теле.

В отличие от перечисленных выше методов А.Ф. Богомолова и Н.А. Орлова подошли к изучению строения порового пространства путем статистического анализа степени сближения частиц твердой фазы измеряемой в шлифе под микроскопом. Предложенный ими статистический метод дает возможность получить реальное среднестатистическое распределение расстояний между поверхностями частиц в шлифе. Результаты, получаемые с помощью этого метода, свободны от допущений об идеализированной структуре, а поэтому могут быть наиболее достоверными. Однако, возможности применения этого метода ограничены трудностями отбора срезов и изготовления соответствующих шлифов для микроскопических измерений.

Таким образом, по тем или иным причинам, ни один из существующих методов не получил широкого распространения для исследования макропоровой структуры различных типов дисперсных тел. Существующие методы ограничены сравнительно узким интервалом размеров пор. Каждый из них может быть применим в конкретных случаях для исследования структурных характеристик отдельных пористых материалов. К сожалению, в литературе не встречаются попытки обоснования границ и области применения известных методов.

Следует отметить также, что в литературе нам не удалось отыскать работ, в которых были бы приведены данные о точности получения дифференциальной функции распределения пор с помощью того или иного метода.

II.

Во второй главе приведены результаты исследования поровой структуры типичных дисперсных капиллярнопористых тел, в качестве которых были выбраны образцы кварцевого песка различных фракций, пористая керамика и целлюлоза.

Речной кварцевый песок был выбран в качестве типичного сыпучего капиллярнопористого тела, относящегося к числу хрупких гелей. Для кварцевого песка были определены коэффициент геометрического формфактора / $1,156 - 1,245$ /, средние размеры частиц и для отдельных фракций показатель неоднородности.

В качестве типичного капиллярнопористого тела с жестким скелетом поровой структуры для исследования была выбрана пористая проницаемая керамическая пластина с паспортной характеристикой пор, изготовленная Славянским заводом.

Группу коллоидных капиллярнопористых тел, относящихся к эластичным гелям, представляла в виде листов беззольных фильтров целлюлоза.

Для определения дифференциальной макропоровой структуры кварцевого песка нами использовался метод капиллярного поднятия жидкости, предложенный А.В.Думанским и М.С.Остриковым. В результате проведенных нами опытов по определению кривой распределения были обнаружены отдельные недостатки предложенной ранее методики. Наиболее серьезным недостатком является то, что при разрезании колонки для отбора проб нарушается целостность поровой структуры сыпучего тела. В результате происходит неизбежное перераспределение влаги между слоями образца, что, в свою очередь, приводит к значительным ошибкам в определении послойного влагосодержания и, следовательно, дифференциальной характеристики поровой структуры.

Нами было проведено дальнейшее усовершенствование этой методики с целью более точного определения функции распределения пор в дисперсных телах методом капиллярного поднятия жидкости. В данной главе описана разработанная автором лабораторная установка для определения функции распределения пор. Рас-

пределение влагосодержания по высоте колонки исследуемого образца в предлагаемом приборе определяется путем просвечивания тонких слоев образца узким пучком гамма-лучей, вместо разрезания его на части и последующего высушивания проб. Это дало возможность точнее определить влагосодержание и, следовательно, интегральную кривую распределения пор по размерам. В свою очередь, дискретное дифференцирование кривых интегрального распределения позволило значительно повысить точность определения дифференциальной характеристики поровой структуры выбранных для исследования тел.

Применение высоких колон для капиллярного поднятия жидкости при исследовании поровой структуры дисперсных тел ограничено узким интервалом размеров пор. Например, уже для капилляров с радиусом $r = 10$ мкм возможное капиллярное поднятие равно 1,5 м и с уменьшением радиуса резко возрастает.

Следовательно, метод капиллярного поднятия жидкости не пригоден для исследования поровой структуры полидисперсных и коллоидных капиллярнопористых тел.

По методике А. В. Думанского опыты по капиллярному впитыванию влаги проводятся в сухом песке, и краевой угол смачивания принимается равным нулю. Эти особенности методики проведения опытов отражаются на достоверности получаемых результатов.

Для получения кривых распределения пор в целлюлозе, взятой в виде беззольных фильтров, был использован метод фильтрации "меченой" воды. Для вытеснения воды из целлюлозы нами был применен 10%-ный водный раствор Cu_2SO_4 . Выбор соединения соли медного купороса в качестве оптической метки воды обусловлен тем, что в слабой кислой среде, которой является водный раствор соли медного купороса, ионы меди с целлюлозой практически не взаимодействуют /З. А. Роговин, Н. Н. Шорыгина/. Применяемый нами 10

способ обработки полученных из опытов данных отличается от описанного ранее. Из опытной кривой зависимости изменения концентрации фильтрата с увеличением его объема сначала производилось построение интегральной кривой распределения пор. Дифференциальное распределение пор по их размерам было получено в результате дискретного дифференцирования кривой интегрального распределения.

С помощью метода фильтрации "меченой" воды проведенны опыты по выяснению влияния толщины исследуемого образца и скорости фильтрации на результаты определения дифференциальной макропоровой структуры. В результате этого исследования мы пришли к выводу о том, что получаемая функция распределения пор по размерам в значительной мере зависит от скорости фильтрации /увеличение скорости фильтрации от $3,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мл}}{\text{м}^2 \text{сек}}$ до $17,1 \cdot 10^{-3} \frac{\text{мл}}{\text{м}^2 \text{сек}}$ при одинаковой толщине образца 9 мм привело к смещению максимума на дифференциальной кривой распределения пор в сторону больших размеров от 4 мкм до 9 мкм/, а толщина образца оказывает незначительное влияние на характер кривой распределения пор. Для различных толщин целлюлозы / 9-40 мм/ дифференциальные кривые охватывают один и тот же диапазон размеров пор / 2-8 мкм/.

Метод фильтрации "меченой" воды использовался нами для определения функции распределения пор в кварцевом песке фракции 0,16-0,315 мм, а также в пористой керамике.

При определении структурных характеристик кварцевого песка и других сыпучих тел данным методом следует иметь в виду, что вытеснение жидкости из межзернового пространства для фракции зерен больше 0,30 мм происходит с очень большой скоростью даже при минимальном напоре и оканчивается в течение малого промежутка времени. Ввиду небольшой длительности опыта определить с достаточной точностью изменение концентрации фильтрата с увели-

чением его объема не представляется возможным, а, следовательно, получить функцию распределения пор в сыпучих телах фракции больше 0,30 мм весьма затруднительно.

Кроме указанных выше методов, в наших исследованиях был применен также метод "первого пузырька" /Пиза, Эрбе, И. П. Ишкин, М. Г. Каганер/. Этот метод основан на одновременном использовании законов фильтрационных и капиллярных явлений. При получении функции распределения объем пор данного размера рассчитывается по закону Пуазейля, а расчет размеров пор ведется по формуле Лапласа. Метод "первого пузырька" применялся нами для определения дифференциальной макропоровой структуры кварцевого песка, пористой керамики и целлюлозы. Основным недостатком этого метода является невозможность получения части дифференциальной кривой распределения пор в области малых размеров пор. Кроме того, в области малых размеров макропор точность метода сильно падает в силу низкой чувствительности приборов при измерении малых изменений расхода воздуха.

В настоящее время не существует ни одного метода определения дифференциальной характеристики поровой структуры, пригодного для всех дисперсных капиллярнопористых тел во всем интервале размеров макропор.

III.

В третьей главе описан новый метод, разработанный автором для определения дифференциальной характеристики макропоровой структуры дисперсных тел. Предлагаемый метод является дальнейшим развитием методов, основанных на капиллярных явлениях, и отличается от ранее известных своей универсальностью, так как дает возможность определять функцию распределения пор различ

ных дисперсных систем во всем интервале размеров макропор. Кроме того, конструкция лабораторной установки позволяет проводить опыты по определению функции распределения пор еще двумя другими известными методами / методом "первого пузырька" и методом А.В.Думанского/. Предложенный нами метод основан на компенсации отрицательного капиллярного давления поглощенной телом жидкости избыточным давлением воздуха и определении зависимости влагосодержания в заданном слое образца от избыточного давления воздуха.

Располагая опытной кривой зависимости удельного влагосодержания в выбранном слое образца от избыточного давления воздуха, можно получить дифференциальную кривую распределения макропор по их размерам. Путем обработки измеренных значений избыточного давления и соответствующих им значений влагосодержания, сначала рассчитывается интегральное распределение, а затем дифференциальное распределение пор по их размерам. Для каждого размера пор, рассчитанного по формуле Лапласа, интегральная функция распределения определялась как отношение суммарного изменения площади $\sum_{i=k}^n S_i$ пор, освобожденных от жидкости при данном избыточном давлении, к суммарной площади $\sum_{i=1}^n S_i$ пор, освобожденных от жидкости в конце опыта:

$$S(D) = \frac{\sum_{i=k}^n S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \quad 1 \leq k \leq n$$

Значения S_i в данном выражении рассчитывались по изменениям удельного влагосодержания и избыточного давления воздуха

$$S_i = \frac{\rho_c g \Delta U_i}{100 \Delta p_i},$$

где ΔU_i - изменение удельного влагосодержания в выбранном слое образца в зависимости от изменения избыточного

давления Δp_c ,

P_c - вес сухого образца,

g - ускорение свободного падения.

Дифференциальная характеристика $\frac{dS}{dD}$ распределения пор по их размерам определялась путем дискретного дифференцирования кривой интегрального распределения.

Для проведения опытов по определению дифференциальной характеристики макропористой структуры была разработана и собрана лабораторная установка.

Лабораторная установка состоит из блока гаммаскопии для измерения локального влагосодержания в слоях дисперсного тела, блока создания и измерения избыточного давления, герметичной камеры с образцом и мерного сосуда с уравнительной колбой, которые жестко закреплены в микрометрическом устройстве. Для проведения опытов при более высоких избыточных давлениях $/ 5 \cdot 10^6 \text{ н/м}^2 /$ была сконструирована специальная камера повышенной прочности.

Возможность применения данного метода для определения дифференциальной характеристики пористой структуры дисперсных тел была проверена на образцах кварцевого песка различных фракций, пористой керамики, цементного камня и целлюлозы. Для установления нижней границы пригодности метода опыты по определению функции распределения проводились для песка фракции 0,75 - 0,80 мм. Размеры пор в этом образце находятся в интервале от 200 до 250 мкм. Следует отметить, что данным методом можно получить дифференциальное распределение и для более крупных размеров макропор, чем указанные выше. Для определения функции распределения в области еще больших размеров макропор данным методом не существует никаких ограничений. В этом случае для измерения избыточного давления воздуха нужно пользоваться чашечным микроманометром.

Апробация лабораторной установки в области малых размеров макропор $V^* = 10^{-7}$ м³ проводилась на образцах цементного камня. Размеры пор в этом образце находятся в интервале от 0,1 до 0,5 мкм. Для данного образца цементного камня получена также дифференциальная кривая распределения пор $V-I$ м³/с по - мощью сорбционного метода.

Путем сравнения этих двух кривых распределения пор пока - зана возможность определения дифференциальной характеристики порового пространства в дисперсных телах во всем диапазоне значе - ний микро- и макропор с помощью двух методов: сорбционного метода и метода, разработанного автором.

Нами также определена чувствительность метода и разработа - на методика расчета погрешности определения дифференциальной функции распределения пор по их размерам. Погрешность определе - ния функции распределения пор по нашим расчетам составляет для кварцевого песка - $\pm 13\%$, целлюлозы - $\pm 17\%$, цементного камня - $\pm 10\%$ и пористой керамики - $\pm 15\%$.

С помощью предложенного метода нами также выяснено, как сказывается изменение физико-химических свойств смачивающей жидкости, а также толщины исследуемого образца на результаты определения его дифференциальной макропоровой структуры. Для этого проведены опыты по определению функции распределения пор для трех фракций кварцевого песка, смачиваемого разными жидкостями - водой, этиловым спиртом и водным раствором додецилсуль - фата натрия. Результаты исследования показывают, что применение смачивающих жидкостей с различными коэффициентами поверхностно - го натяжения в пределах погрешности опыта до $\pm 13\%$ не сказыва - ется на результатах определения функции распределения пор по их размерам. Во всех этих случаях дифференциальные кривые оказа

лись идентичными - их максимумы приходится на одинаковые размеры пор и каждая из них охватывает одинаковый диапазон размеров пор.

Для выяснения того, как сказывается толщина исследуемого образца на результатах определения размеров пор, проведены опыты по определению кривой распределения пор для образцов разных толщины кварцевого песка - 25, 60, 90 и 120 мм и пористой керамики - 30, 50 и 70 мм. В результате сравнения полученных кривых распределения пор видно, что толщина образца не сказывается в пределах погрешности получения функции распределения на результатах определения размеров пор, охватываемых дифференциальными кривыми.

Теоретический и практический интерес представляет также вопрос о влиянии размеров зерен исследуемого образца на размеры пор, а, значит, и на дифференциальные кривые распределения пор по их размерам. В качестве объекта исследования для выяснения этого вопроса был выбран кварцевый песок различного фракционного состава / всего 9 фракций от 0,063 до 0,8 мм/. В результате сравнения кривых распределения пор видно, что они отличаются друг от друга по своему характеру, а также "остроте" максимума, причем "острота" максимума кривой распределения увеличивается с уменьшением размеров пор. "Остроту" максимума дифференциальной кривой можно характеризовать с помощью понятия полуширины этой кривой, по аналогии с понятием относительной полуширины резонансной кривой. Для каждой фракции песка нами рассчитана полуширина кривой и получена зависимость между полушириной кривой распределения пор и средними размерами зерен каждой фракции песка. Кроме того, получена зависимость между наиболее вероятными размерами пор и средними размерами зерен

каждой фракции. В обоих случаях зависимость является линейной. Последняя с точностью до ± 6 мкм описывается эмпирической формулой

$$D_B = 0,3 d_{ср.}$$

Коэффициент пропорциональности определялся по методу наименьших квадратов.

Зависимость между наиболее вероятными размерами пор и средними размерами зерен, полученная нами экспериментально, неплохо согласуется с теоретическими данными, рассчитанными А.В. Дыковым на основании модельных представлений дисперсных систем для случая гексагональной укладки частиц

$$D_{ср} = 0,284 d_{ср.}$$

Представляется интересным вопрос о влиянии дисперсного состава кварцевого песка на характер дифференциальной кривой распределения пор по их размерам. Для выяснения этого вопроса опыты по определению кривой распределения пор проводились с образцами кварцевого песка 0,20 - 0,25 мм и 0,10 - 0,40 мм. В результате сравнения кривых распределения пор видно, что дисперсный состав образца резко влияет на характер дифференциальной кривой распределения пор. Для более однородной фракции кварцевого песка кривая по своему характеру близка к нормальному распределению. Для сравнения степени дисперсности пористых материалов служит показатель неоднородности. Качественной характеристикой степени неоднородности размеров пор, видимо, может служить относительная полуширина кривой распределения $/ \frac{a-D}{D} /$. Относительная полуширина кривой распределения пор для полидисперсной фракции песка / 0,10 - 0,40 мм/ равна 25%, а для более однородной фракции / 0,20 - 0,25 мм/ - 9%.

Таким образом, для данных двух фракций кварцевого песка

неоднородность по размерам частиц / 2,88/ приблизительно такая же, как и неоднородность по размерам пор / 2,77/.

IV.

Четвертая глава посвящена комплексному определению дифференциальной макропоровой структуры типичных дисперсных капиллярнопористых тел пятью различными независимыми методами. Для комплексного изучения порового пространства были выбраны следующие методы: метод А.В.Думанского, метод фильтрации "меченой" воды, метод "первого пузырька" и метод компенсации отрицательного капиллярного давления, разработанный автором. Для сравнения результатов, получаемых названными косвенными методами, нами были заимствованы данные из работы Н.В.Чураева, полученные при исследовании структурных характеристик кварцевого песка с помощью статистического метода, являющегося единственным методом прямого определения размеров пор. При получении дифференциальной кривой распределения пор по результатам каждого из названных методов обработка опытных данных проводилась по одной и той же методике, описанной выше.

Комплексное определение дифференциальной характеристики поровой структуры было проведено для трех фракций кварцевого песка / меньше 0,16 мм; 0,16 - 0,315 мм; 0,40 - 0,63 мм/, пористой керамики и целлюлозы.

Дифференциальные кривые, полученные с помощью разных методов, охватывают различные диапазоны размеров пор, так для кварцевого песка фракции 0,16 - 0,315 мм размеры пор находятся в таких интервалах: 40-50 мкм /метод фильтрации "меченой" воды/; 50 - 70 мкм /метод "первого пузырька"/; 25-100 мкм /метод компенсации отрицательного капиллярного давления/ и 160-180 мкм /метод А.В.Думанского/. Дифференциальные кривые, полученные с помощью

косвенных методов, не выходят за пределы кривой распределения пор, полученной статистическим методом, за исключением дифференциальной кривой, полученной по методу А.В.Думанского.

Различие в результатах определения размеров пор связано с тем, что применяемые методы основаны на различных физических явлениях.

Статистический метод позволяет получить наиболее действительную картину распределения расстояний между частицами твердой фазы в пористой среде.

Метод фильтрации "меченой" воды дает возможность определить распределение эквивалентных диаметров фильтрующих пор в различных дисперсных системах.

Метод "первого пузырька" пригоден для определения средних и максимальных размеров пор, так как кривая распределения обрывается в области малых размеров пор.

Применение метода А.В.Думанского для определения размеров пор приводит к значительным погрешностям, возникающим в связи с неопределенностью значений краевого угла.

Метод компенсации отрицательного капиллярного давления может быть использован для изучения поровой структуры различных дисперсных систем, так как он дает возможность определять распределение возможных расстояний между поверхностями частиц или стенками пор.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ.

В диссертационной работе приведены результаты исследования дифференциальной характеристики макропористой структуры различных по своим свойствам дисперсных капиллярнопористых тел в широком интервале размеров пор. Для этой цели:

1. Разработан новый метод определения функции распределения макропор по их размерам в различных дисперсных системах.

Конструкция лабораторной установки, кроме описанного выше метода, дает возможность проводить исследование поровой структуры дисперсных тел еще двумя другими независимыми методами, основанными на капиллярных и фильтрационных явлениях.

Погрешность определения функции распределения пор предлагаемым методом составляет 10-17%; метод применим для определения дифференциальной характеристики макропористой структуры дисперсных тел в диапазоне от 10^3 до $5 \cdot 10^{-2}$ мкм.

2. Выяснено влияние геометрических размеров исследуемого образца дисперсного тела, а также природы смачивающей жидкости на результаты определения размеров пор.

а/. Результаты целого ряда опытов по определению дифференциальной кривой распределения пор различными методами для различных пористых материалов показывают, что функция распределения пор не зависит от толщины исследуемого образца;

б/. Установлено, что функция распределения пор по их размерам, полученная в результате вытеснения из пористого тела различных жидкостей - идентична. а, следовательно, результаты определения размеров пор не зависят от природы смачивающей жидкости.

3. Установлена линейная зависимость между наиболее вероятными размерами пор кварцевого песка различных фракций и средними размерами зерен. Для этой экспериментальной зависимости подобрана эмпирическая формула, которая достаточно хорошо согласуется с теоретической формулой, полученной А.В. Лыковым для модели фиктивного грунта с гексагональной укладкой сферических частиц.

4. Выяснено влияние степени дисперсности состава кварцевого песка на характер кривой распределения пор по их размерам. При

этом показано, что чем более однороден песок, тем лучше кривая распределения пор по своему характеру приближается к гауссовскому.

5. По закону Дарси рассчитан коэффициент проницаемости и получена зависимость между изменением локального влагосодержания кварцевого песка различных фракций и эффективным коэффициентом проницаемости.

6. Показана возможность определения полной дифференциальной характеристики порового пространства различных дисперсных тел во всем диапазоне значений размеров макро- и микропор с помощью совместного применения сорбционного и разработанного компенсационного методов.

7. Проведено дальнейшее усовершенствование метода А.В.Думанского путем применения гаммаскопии для измерения локального влагосодержания, что значительно повышает точность получаемых результатов определения размеров пор.

8. Проведено комплексное исследование поровой структуры различных по своим свойствам дисперсных тел, которое позволило выяснить границы и область применения используемых для исследования методов.

Основные положения диссертационной работы доложены и обсуждены на: XIX, XXII и XXIII научно-технических конференциях КТИЛП в 1967, 1970 и 1971 годах.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Луцик П.П., Литевчук Д.П., Казанский М.Ф., Экспериментальное исследование распределения пор по размерам в капиллярнопористых телах, Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 2, 1967.

2. Литевчук Д.П., Казанский М.Ф., Луцкии П.П., Метод экспериментального определения дифференциальной характеристики макropopового пространства дисперсных тел, ИФЖ, 19, 6, 1970.
3. Литевчук Д.П., Казанский М.Ф., Комплексное исследование макropopовой структуры пористых материалов, Известия вузов. Технология легкой промышленности, № 6, 1971.

БФ-23544. Подписано к печати 27.12.1971 г. Формат 60x90, 1/16
Объем 1,38 печ. листа. Заказ №745. Тираж 160 экз.

Лаборатория фотоофсетной печати КТЦЛП
Киев-11, ул.Немировицки-Данченко, 2.