

6  
А-1

МИНИСТЕРСТВО КУЛЬТУРЫ СССР  
КИЕВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА КОТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

---

НА ПРАВАХ РУКОПИСИ

ИНЖ. БУЙМОВИЧ Д.

# ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ РУМЫНСКИХ ЛИГНИТОВ И ИХ ПОЛУКОКСА

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

Научный руководитель—  
член—корреспондент АН УССР,  
проф. В. И. ТОЛУБИНСКИЙ.

Киев — 1953.

На территории Румынской Народной Республики имеются залежи всех видов твердого топлива, из которых РНР особенно богата лигнитом. Правящие круги капиталистической Румынии пренебрегали этим огромным национальным богатством. В топках котельных установок сжигались почти исключительно нефть и высококачественный уголь.

В плане электрификации РНР, составленном по примеру ГОЭЛРО, одной из важнейших задач является использование лигнита. Его годовая добыча должна возрасти со 150 тыс. тонн в 1950 г. до 3,2 млн. тонн в 1960 г., что соответствует выработке 2,3 миллиардов квт часов электроэнергии в год. В плане предусматривается строительство при помощи Советского Союза 13 теплоэлектростанций мощностью 1039 тыс. квт., из которых большинство будет работать на лигните.

До сих пор румынским лигнитам посвящено мало работ. К тому же авторы этих работ ограничивались преимущественно изучением лишь технических характеристик лигнитов. Однако для рационального использования лигнитов необходимо проведение более глубокого анализа их свойств, что является одной из целей настоящей работы.

Учитывая, что в настоящее время полукоксование представляет собой один из наиболее перспективных путей использования бурых углей, в представленной работе изучались параллельно с лигнитом и свойства его полукокса. При сравнительном изучении первичного угля (лигнита) и его полукокса можно было в то же время исследовать изменения, имеющие место в массе топлива в процессе полукоксования.

В последней главе работы, на основе большого опыта советской теплотехники в деле рационального использования низкосортных топлив, рассмотрены возможные пути эффективного сжигания румынских лигнитов в топках котельных установок.

Для проведения опытов были отобраны образцы лигнита трех месторождений, которые в течение первых двух пятилеток будут играть важнейшую роль. Большинство опытов было проведено с фракцией лигнита и полукокса, при размерах частиц от 0,210 мм до 0,297 мм. В таблице 1. даны главные технические характеристики этих лигнитов.

Таблица № 1

	Дойчешти	Филипешти	Валишоара
$W^p$	38,5 %	32,2%	28,5%
$A^c$	43,34%	52,74%	63,82%
$V^g$	56,26%	52,21%	62,23%
$S_{об}^p$	1,95%	3,03%	2,20%
$Q_n^p$ ккал/кг.	1962	1622	1104

602509  
 ЦЕНТРАЛЬНАЯ НАУЧНАЯ  
 БИБЛИОТЕКА  
 А. Н. Киргизской ССР

Пробы полукокса были изготовлены лабораторным путем в алюминиевой реторте в соответствии с ГОСТ № 3168—46.

### Изотермы адсорбции водяного пара на лигните и его полукоксе при температурах 20°C и 0°C.

#### Методика.

С целью приближения к практическим условиям протекания процессов сушки, увлажнения, горения необходимо проводить опыты в присутствии воздуха, что обусловило выбор эксикаторного метода. Для устранения крупных недостатков данного метода — трудности поддержания постоянной температуры и необходимости затраты весьма длительного времени для достижения равновесия — в эксикаторный метод были внесены некоторые изменения.

Постоянство температуры достигалось путем использования песчаной бани, которая в свою очередь находилась в термостате. Для опытов при 20°C был использован водяной термостат, в котором при помощи контактного термометра и простой автоматики поддерживалась постоянная температура с колебаниями 0,2°C. При этом, вследствие большой тепловой инерции песчаной бани, колебания температуры в эксикаторе не превышали нескольких сотых градуса. Для опытов при 0°C был использован криостат со льдом, к которому была пристроена мешалка с целью выравнивания температуры.

При применении эксикаторного метода для определения адсорбции водяного пара на натуральном угле время, необходимое для достижения равновесия, исчисляется месяцами. Желательность сокращения времени объясняется не только тем, что для экспериментатора очень затруднительно вести столь длительно наблюдения, но также (что особенно важно) и тем, что в это время имеет место взаимодействие между углем и водяными парами, на что было указано акад. Курнаковым, Мак Беном и др.

Наличие неравномерной концентрации пара в эксикаторе приводит к уменьшению градиента концентрации и тем самым затрудняет диффузию молекул водяного пара к адсорбенту, поэтому и необходимо столь длительное время для достижения равновесия. С целью выравнивания концентрации пара в эксикаторе была установлена мешалка, которая своим вращением выполняла вышеупомянутую функцию, т. е. выравнивала концентрацию пара по всему пространству эксикатора, создавая резкий перепад между давлением пара в адсорбенте и давлением пара в непосредственно окружающем адсорбент пространстве. Таким образом, диффузия молекул пара к адсорбенту ускорялась и соответственно сокращалось время, необходимое для достижения равновесия, что было подтверждено в данной работе сравнительными опытами.

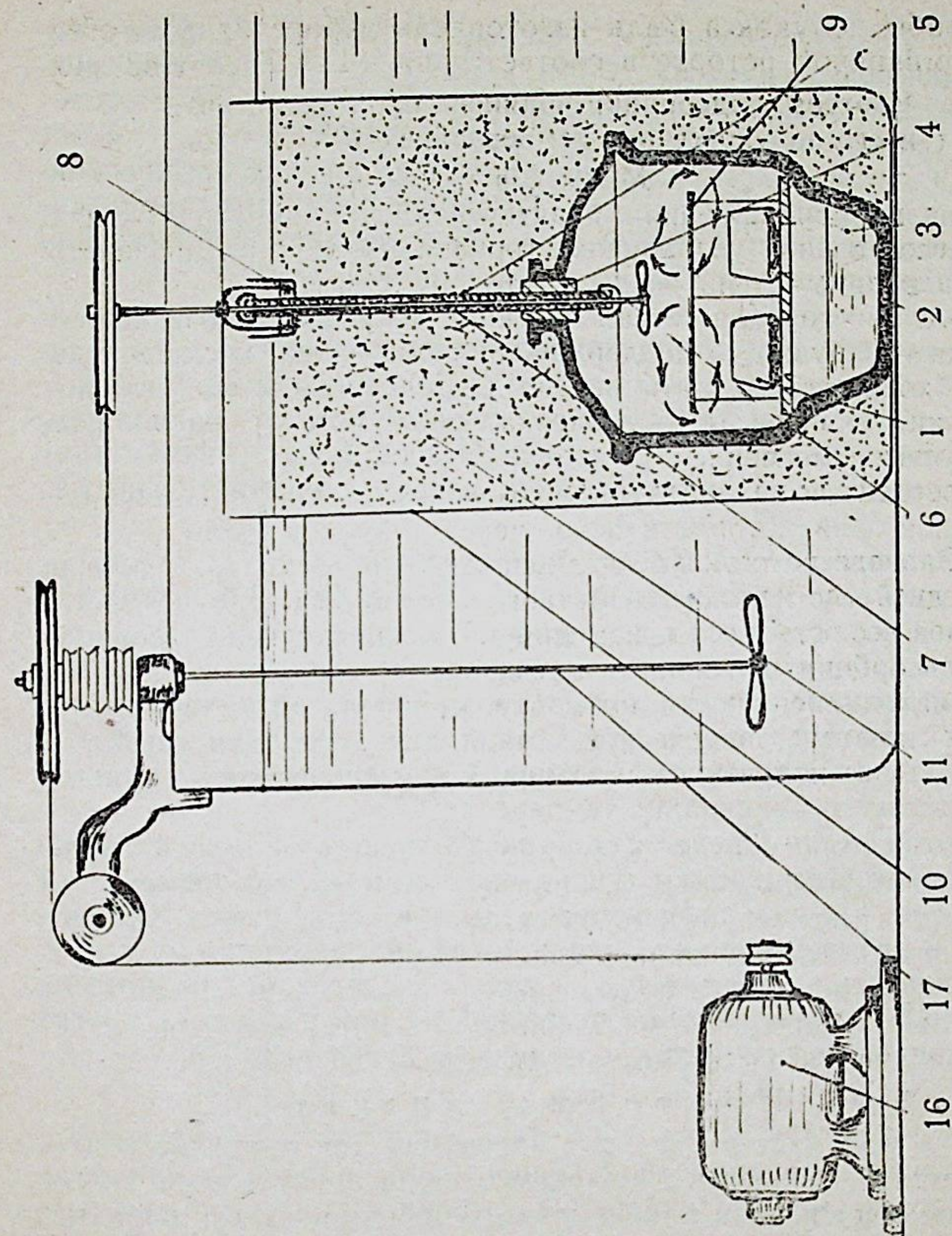


Рис. 1

Установка, на которой были проведены, эксперименты, изображена на рис. 1. Навески в количестве приблизительно 0,8 г сухого или 1,1 г влажного лигнита (или полукокса) находились в стеклянных бюксах (1) диаметром 50 мм и высотой 30 мм. Для опытов были использованы вакуумные эксикаторы, у которых в крышках имеется отверстие (для краника). Эксикатор (2) (диаметр 180 мм) содержит на дне определенную смесь серной кислоты с водой (3) в количестве 150 см<sup>3</sup>. В отверстии крышки, в плотно прижатой резиновой пробке (4) находится медная трубка (5) диаметром 15 мм, являющаяся корпусом мешалки. Внутри трубки вращается стержень ме-

шалки (6), уплотненный асбестовым сальником (7). Для обеспечения повышенной плотности, кроме сальника предусмотрен гидравлический затвор (8), заполненный ртутью или глицерином. Свинцовая пластинка (9), опирающаяся на три тонких ножки, с отверстием посередине применена с целью организации потока воздуха в эксикаторе. Песчаная баня (10), наполненная мелким и сухим песком (11), представляет собой жестяной цилиндр диаметром 220 мм и высотой 420 мм.

Создание определенного давления водяных паров в эксикаторе осуществлялось при помощи смесей серной кислоты с водой, в соответствии с таблицей из Справочника Т. Э. Удельные веса смесей были определены пикнометром с капилляром (емкостью 25 см<sup>3</sup>). Взвешивание бюксов (как и пикнометра) производилось на аналитических весах с чувствительностью 2 мг.

Равновесие считалось достигнутым, если в течение 3—4 дней вес не изменялся больше, чем на 4 мг. В большинстве случаев вес оставался неизменным. При определении адсорбции или десорбции при полном насыщении (когда на дне эксикатора находилась чистая вода) невозможно было достичь равновесия, поэтому равновесной точкой для десорбции считалось наименьшее полученное значение, а при адсорбции — наивысшее.

Органическим недостатком эксикаторного метода является изменение веса навески в короткий промежуток времени от открытия крышки эксикатора и до закрытия бюкса. Однако, имея в виду низкие значения рабочей температуры и малую погрешность, возможную при достижении равновесия ( $\sim 0,04\%$ ), максимальная погрешность, при учете всех других источников погрешностей, составит не более  $\sim 0,15\%$ .

#### Изотермы лигнита.

Вид всех изотерм как для адсорбции, так и для десорбции, является S-образным, что указывает на преобладание капиллярной конденсации в процессах адсорбции водяного пара лигнитом. На рис. 2 и 3 изображены изотермы адсорбции в системе координат равновесная влажность\* — относительное давление водяного пара.

Наблюдаемый на графиках резко выраженный гистерезис начинается при очень низких относительных давлениях, приблизительно с  $\varphi = 10\%$  при 20°C и с  $\varphi = 3\%$  при 0°C. Сохранение гистерезиса и при  $\varphi = 100\%$  объясняется особенностью проведения цикла адсорбции. С целью приближения к практическим условиям, так как после добычи уголь всегда теряет влагу, был проведен обратный цикл десорбция-адсорбция.

\*) В данной работе все приведенные влажности относятся к абсолютно сухой (т. е. безводной) массе топлива.

Сохранение гистерезиса и при  $\varphi = 100\%$  наводит на мысль, что гистерезис не является только эффектом наличия чужих адсорбированных молекул и открытых пор, но также эффектом наличия на поверхности пор инертных участков, занятых минеральной массой. На этих участках в процессе адсорбции не может образоваться адсорбированный слой, что приводит к отсутствию мениска и вызывает незаполнение пор сконденсированным паром.

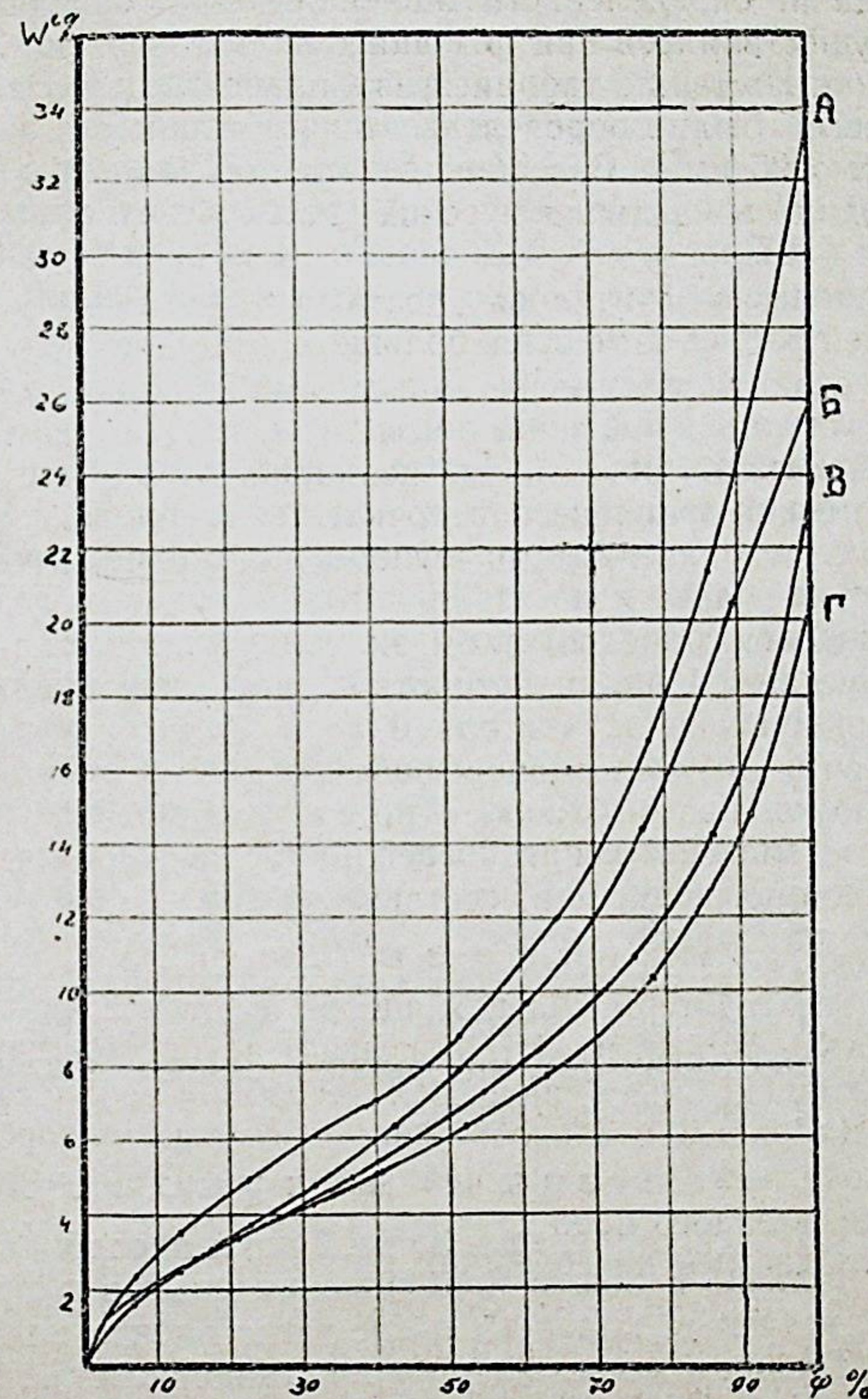


Рис. 2. Лигнит Валишоара

А—изотерма десорбции при 0°C. В—изотерма адсорбции при 0°C.  
Б—изотерма десорбции при 20°C. Г—изотерма адсорбции при 20°C

При рассмотрении полученных графиков нельзя обнаружить взаимосвязи между зольностью исследуемых образцов и их адсорбционными свойствами, как, например, гигроскопическая или максимальная адсорбционная влажность, величина гистерезиса и т. д. Это означает, что не количество минеральной массы играет определяющую роль, а доля поверхности угля, занятая минеральной массой.

Для выявления изменения адсорбционных свойств в зависимости от среднего размера частиц были определены циклы адсорбции при 20°C исследуемых лигнитов еще для одной фракции. Из рассмотрения кривых вытекает, что для лигнитов Дойчешти и Валишоара равновесные влажности заметно увеличены для фракции 0,84—1,68 мм по сравнению с фракцией 0,21—0,297 мм, в то время, как для лигнита Филипешти равновесные влажности почти одинаковы для обеих фракций. Вышеприведенные факты можно объяснить следующим образом.

При дроблении частиц лигнита Филипешти разрушение происходит главным образом в местах крупных внутренних пустот и в малой мере через капилляры, поэтому для капиллярной конденсации прежний объем капилляров почти не меняется (равновесная влажность остается неизменной). У лигнитов Дойчешти и Валишоара разрушение частиц при дроблении происходит не только в местах крупных внутренних пустот (местах наименьшего сопротивления), но сопровождается также разрушением капилляров, в которых капиллярная конденсация не может происходить, что приводит к уменьшенным значениям адсорбции. Поэтому определение изотерм адсорбции различных фракций одного и того же образца угля может служить независимым методом исследования процесса размола. Оно может указать происходит ли размалывание через большие пустоты (как у лигнита Филипешти), в каком случае безусловно расход энергии на размол будет пониженным, или через большие пустоты и капилляры одновременно (как для остальных двух исследуемых лигнитов), что должно вызвать повышенный расход электроэнергии на размол.

#### Изотермы полукокса.

Для полукокса проведен прямой цикл адсорбция-десорбция. Это выполнено с целью приближения опытов к практическим условиям, так как полукокс после изготовления является сухим и в дальнейшем может адсорбировать водяные пары. При проведении опытов было обнаружено необратимое присоединение воды, что не имело места для первичного лигнита. Для объяснения этого явления нужно принять во внимание то, что при выходе из полукоксовой установки ( $t=400-500^\circ\text{C}$ ) полукокс вступает в соприкосновение с воздухом и что в период

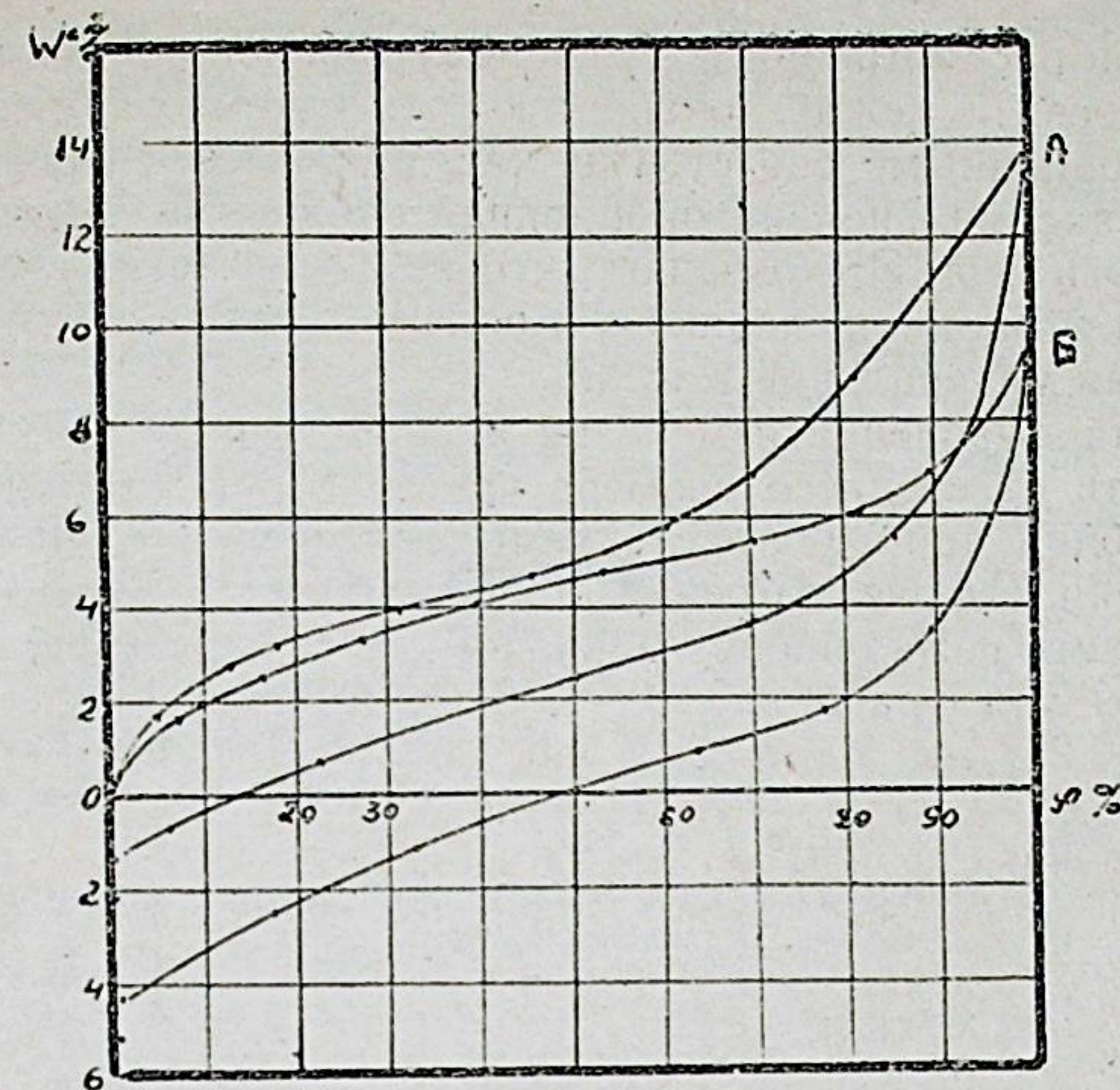


Рис. 3. Полукокс Валишоара  
А—цикл адсорбции при 0°C. Б—цикл адсорбции при 20°C.

его охлаждения имеет место значительное окисление. Можно предполагать, что вода в полукоксе связывается необратимо не с углеродом (как утверждает немецкая школа исследователей), а с поверхностными окислами, образуя гидраты. Для проверки этого предположения проведен следующий опыт. Навески лигнита были выдержаны в течение трех часов при температуре 500°C, после чего охлаждались в эксикаторе. Затем бюксы были открыты и таким образом навески адсорбировали водяные пары из атмосферы. При сушке этих навесок при 20°C и 100°C обнаружено необратимое присоединение воды (2—4%). В то же время для навески того же лигнита, не подвергнутой предварительному нагреванию при 500°C, после адсорбции и десорбции водяных паров не обнаружено никакой необратимости. Из приведенного опыта вытекает, что необратимое присоединение воды является не особым свойством поверхности полукокса, а общим свойством окисленной поверхности углеродной массы.

Характерно то обстоятельство, что с понижением температуры уменьшается и количество необратимо связанной воды. Это является лишним доказательством того факта, что необратимость представляет собой эффект химической реакции, протекающей более интенсивно при повышении температуры, а не эффект необратимой адсорбции, для которой, как известно,

количество адсорбированного вещества уменьшается при увеличении температуры.

Из всего вышеизложенного становится ясным, что кривые увлажнения полукокса не являются чисто адсорбционными и что их вид зависит в первую очередь от истории исследуемых образцов. Для построения диаграмм нужно принимать такое исходное состояние, которое прежде всего было бы устойчивым и определенным. Совершенно сухой полукокс, прежде подвергавшийся полному насыщению водяными парами, отвечает этим требованиям, так как окисленные участки при предварительном увлажнении стали неактивными, подобно участкам, занятым минеральной массой. Такой выбор исходного состояния позволил сопоставить кривые десорбции при температурах 20°C и 0°C и по ним рассчитывать теплоты десорбции. Этим же выбором объясняются и «отрицательные» влажности на кривых адсорбции (см. рис. 3).

Наличие окисных комплексов объясняет и уменьшение влагоемкости полукокса по сравнению с первичным лигнитом, как наглядно видно из рис. 2 и 3. На участках поверхности, покрытых гидратами, подобно участкам занятым минеральной массой, не может создаваться адсорбированный слой, что приводит к незаполнению соответствующих капилляров сконденсированным паром.

#### Изотермы десорбции водяных паров на лигните при 100°C

Из-за окисления и образования гидратов при 100°C пользуясь одной навеской уже нельзя было построить всю кривую десорбции, как это было сделано для температур 20°C и 0°C. Поэтому для определения каждой точки потребовалась отдельная навеска.

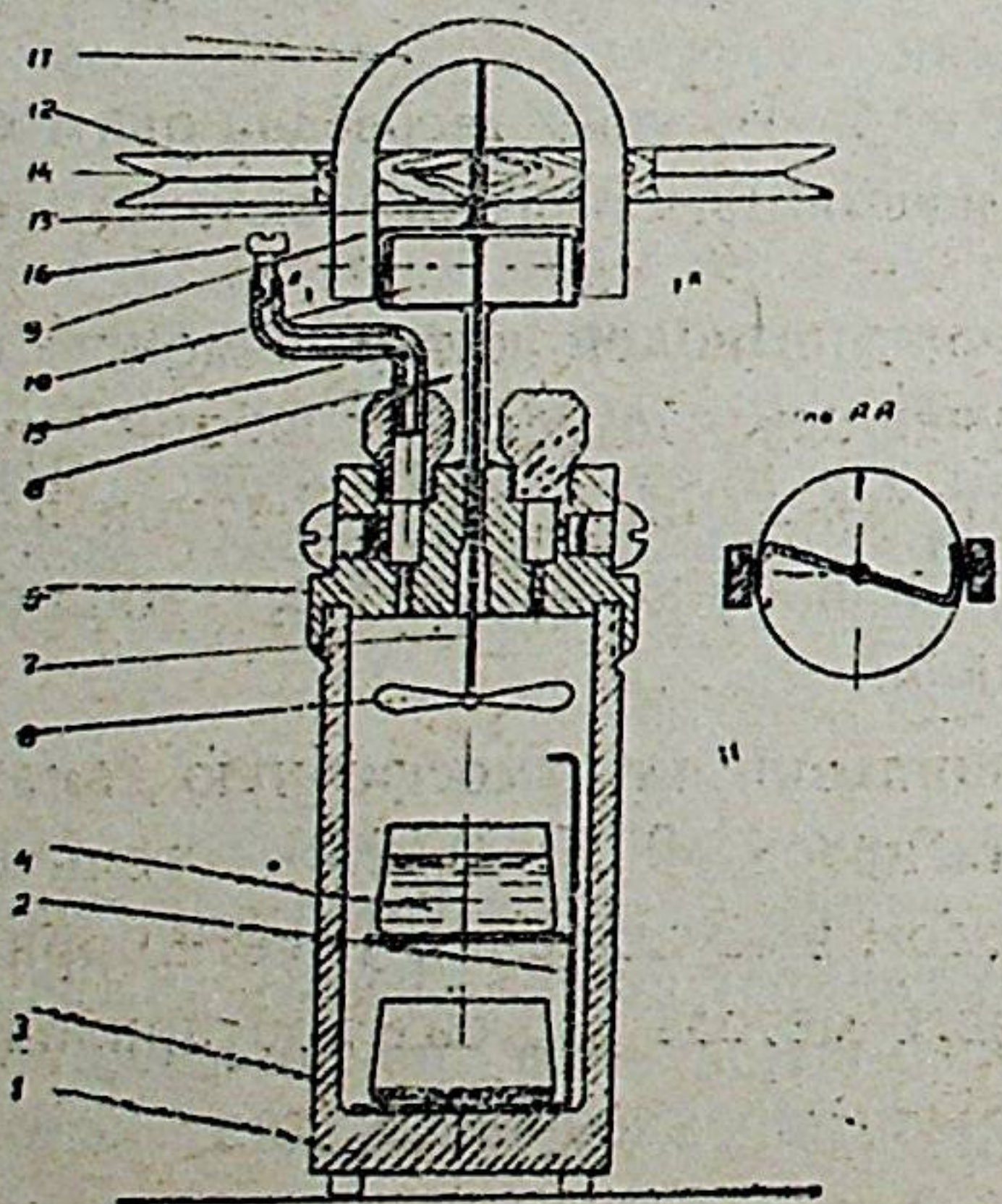


Рис. 4.

Опыты были проведены в масляном термостате, обеспечивающем температуру 100°C с колебаниями 0,2°C. Вместо стеклянного эксикатора была использована калориметрическая бомба (рис. 4). Для обеспечения плотности при данных условиях мешалка приводилась в движение с помощью магнита. Определенные давления водяного пара в калориметрической бомбе создавались при помощи смесей серной кислоты с водой. Относительно большая погрешность в установлении равновесия (~0,10%) была вызвана основным недостатком данного метода — поглощением или отдачей воды исследуемой навеской за время (несколько десятков секунд) от открытия бомбы и до закрытия бюкса с навеской.

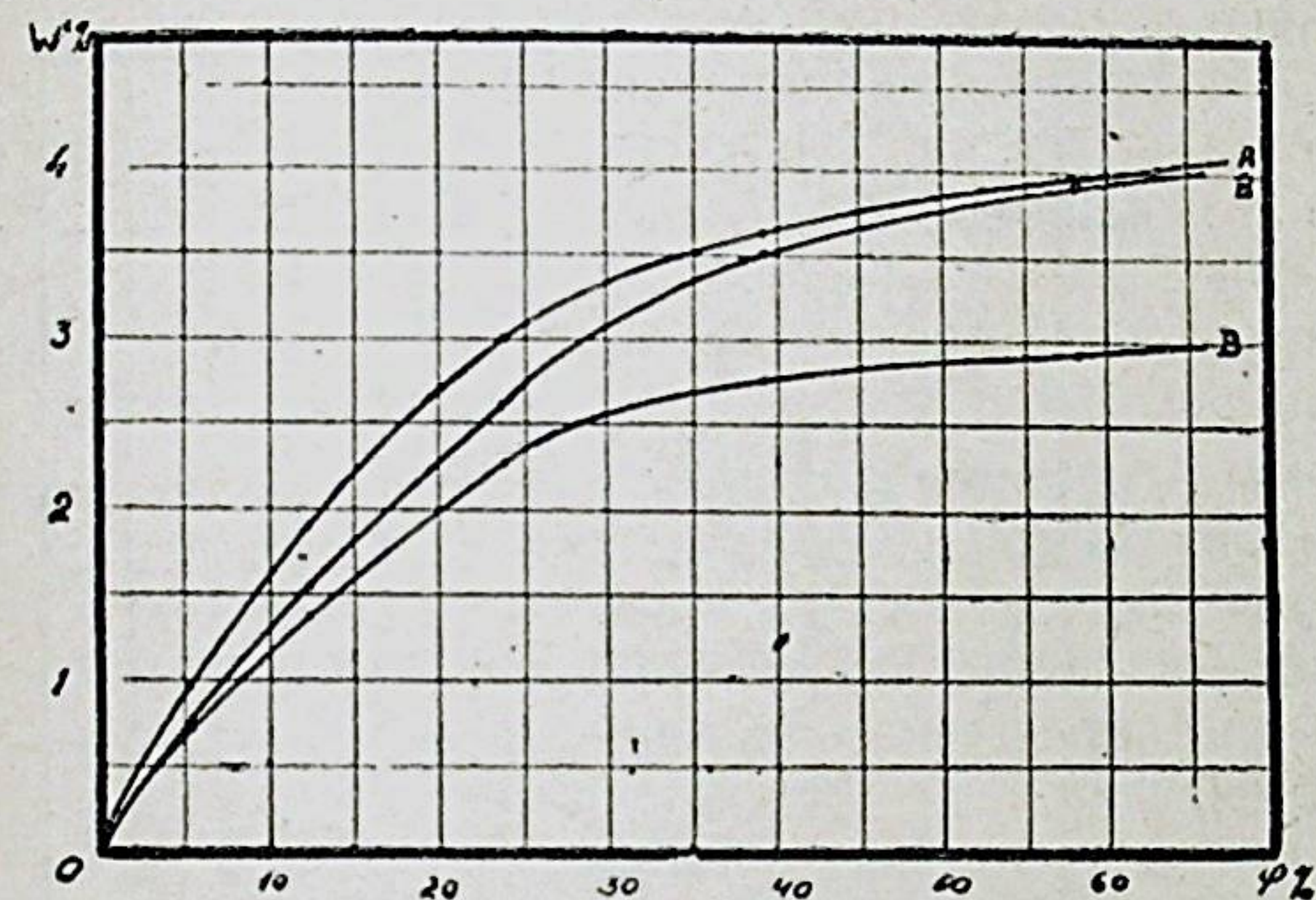


Рис. 5. Изотермы десорбции при 100°C

А — Лигнит Филипешти, Б — лигнит Дойчешти, Г — лигнит Валишоага.

Из практических выводов, которые можно сделать при рассмотрении полученных изотерм десорбции при 100°C, особенно важным является влияние атмосферной влажности на точность определения влажности твердых топлив методом высушивания при 100°C.

При учете поправки на атмосферную влажность (составляющей для лигнитов 0,25—0,40%), точность определения влажности методом высушивания заметно приближается к точности ксилольного метода, до сих пор признанного самым совершенным.

### Теплота испарения.

Для испарения влаги из угля необходимо расходовать большее количество тепла, чем обычная теплота испарения (по таблицам водяного пара). Исходя из уравнения Клапейрона-Клаузиуса и интегрируя соответствующее уравнение в предположении постоянства  $q$  (действительная теплота испарения) в небольшом интервале температур  $T_2 \div T_1$  можно получить следующую расчетную формулу:

$$q = 2,303R \frac{T_2 T_1}{T_2 - T_1} \lg \frac{P_2}{P_1} = K \lg \frac{P_2}{P_1}$$

Для расчета были использованы изотермы десорбции при 20°C и 0°C, по которым при данных значениях влажности были определены абсолютные давления водяного пара при 20°C и 0°C, т. е.  $P_2$  и  $P_1$ .

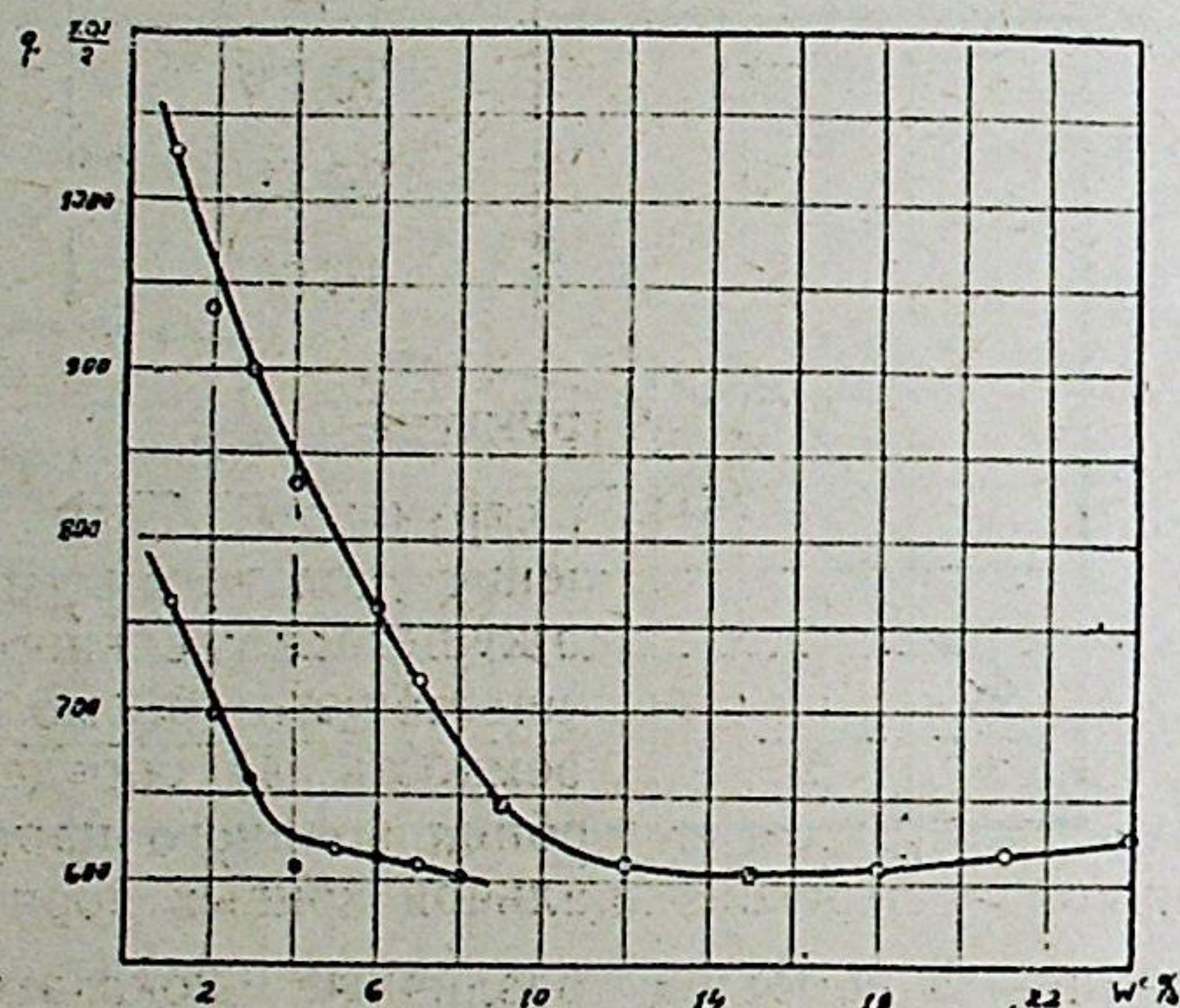


Рис. 6 Лигнит Филипешти. Теплоты испарения.

На рис. 6 показана зависимость теплоты испарения влаги из лигнита (верхняя кривая) и из полукокса (нижняя кривая) от их влажности. Расчеты показывают, что при сушке угля или полукокса особенно большое количество тепла нужно затратить для испарения последних процентов влажности.

Полукокк всегда является окисленным, кислород занимает участки поверхности с повышенным потенциалом. При увлажнении полукокса, вода будет адсорбироваться на оставшейся свободной поверхности, обладающей пониженным потенциалом. Поэтому для удаления влаги из полукокса понадобится в среднем меньше тепла, чем для ее удаления из угля, где она адсорбирована и на участках с повышенным потенциалом.

Данные таблицы 2 могут служить поправками при балансовых расчетах сушки и горения лигнита и его полукокса.

Таблица № 2.

	Средние приращения действительной теплоты испарения по сравнению с 592 * кал/г		
	от полного насыщения ( $\varphi=100\%$ ) до полной сушки ( $\varphi=0\%$ )	от воздушно-сухого состояния ( $\varphi=65\%$ ) до полной сушки ( $\varphi=0\%$ )	от полного насыщения ( $\varphi=100\%$ ) до воздушно-сухого состояния ( $\varphi=65\%$ )
Лигнит Дойчести	16,7%	28,8%	8%
Лигнит Валишоара	12%	26,9%	3%
Лигнит Филипешти	16,4%	37,5%	3,75%
Полукокк Дойчести	22,4%	30,7%	—
Полукокк Валишоара	11,0%	24,7%	—
Полукокк Филипешти	9,0%	15,0%	—

### Структура.

Для детального изучения структуры были использованы следующие методы: 1) измерение удельного веса при погружении в бензол, 2) измерение кажущегося удельного веса при погружении в ртуть, 3) измерение общего объема пор при определении максимальной влагоемкости, 4) определение расчетным путем из изотерм десорбции водяного пара при 20°C. интегральной и дифференциальной кривых пористости.

В таблице 3 собраны различные показатели, которые дают представление о структуре лигнитов.

Таблица № 3.

Месторождение	Удельный объем вещества лигнита см <sup>3</sup> /г	Общий удельный объем пор см <sup>3</sup> /г	Общий удельный объем лигнита см <sup>3</sup> /г	Удельный объем микрорпор ( $r < 10 \mu$ ) см <sup>3</sup> /г	Удельный объем макрорпор ( $r > 10 \mu$ ) см <sup>3</sup> /г
Дойчести	0,568	0,587	1,155	0,222	0,365
Филипешти	0,478	0,552	1,030	0,232	0,320
Валишоара	0,472	0,668	1,140	0,212	0,456

\* ) 591,7  $\approx$  592 кал/г — обычное значение теплоты испарения воды при 100°C (из таблиц водяного пара).

При определении истинного и кажущегося удельных весов полукокса были получены значения, мало превышающие соответствующие значения первичных лигнитов. Повышенные значения удельных весов полукокса объясняются, как следствие увеличенной зольности полукокса по сравнению с первичным лигнитом и как результат необратимого присоединения воды. Поэтому можно считать (как подробно рассмотрено в работе), что структура полукокса мало отличается от структуры первичного лигнита.

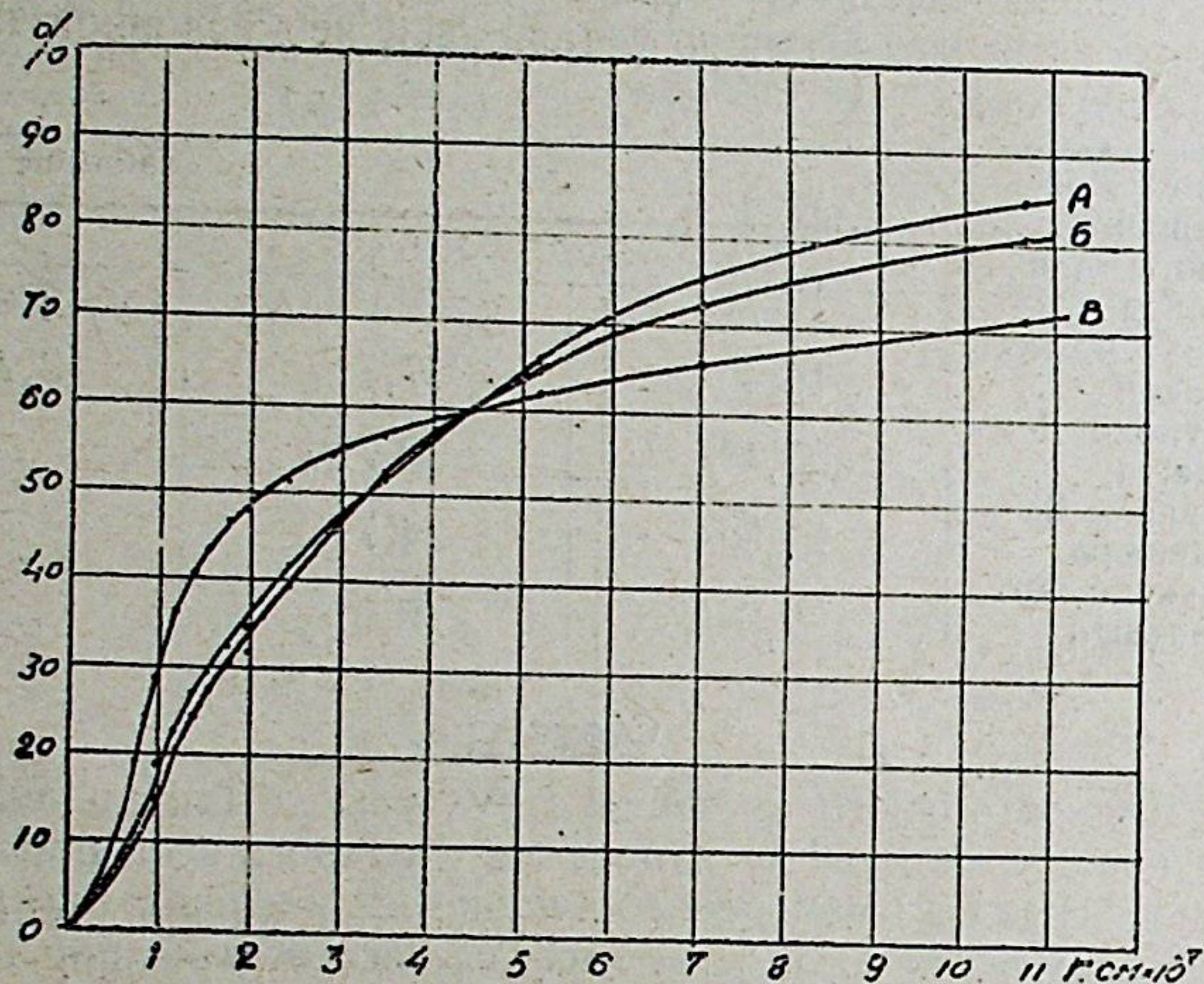


Рис. 7. Лигнит Дойчешти. Интегральная кривая пористости. А — фракция 0,84—1,68 мм, Б — фракция 0,21—0,297 мм, В — полукокс.

Из анализа интегральной кривой пористости, при сравнении кривых распределения для первичного лигнита и полукокса (рис. 7) следует, что окисление полукокса в период охлаждения происходит более интенсивно в микропорах с радиусом от  $r = 3 \text{ мкм}$  до  $r = 10 \text{ мкм}$ , чем в тончайших микропорах ( $r \leq 2 \text{ мкм}$ ) и в макропорах ( $r > 10 \text{ мкм}$ ). Это можно объяснить как кинетикой диффузии кислорода вглубь частицы, так и различной активностью поверхности в порах разных радиусов.

#### Определение поверхности.

Из кривых распределения объемов пор по эффективным радиусам пор (которые принимаются цилиндрическими) можно подсчитать боковую поверхность их стенок, как  $\int \frac{2}{r} \frac{dv}{dr} dr$ . Интегрирование производилось графическим путем при помощи планиметра. Для радиусов меньше  $0,75 \text{ мкм}$ , как и для ра-

диусов больше  $10,65 \text{ мкм}$  для которых неизвестно распределение пор, была использована формула в интегральном виде  $S = \frac{2v}{r}$ , где соответствующие объемы были определены по изотермам десорбции при  $20^\circ\text{C}$ .

В качестве примера в таблице 4 даны результаты определения поверхности для лигнита Дойчешти. Пониженные значения поверхности полукокса объясняются тем, что данным методом измеряется только оставшаяся неокисленной поверхность полукокса.

Таблица № 4.

Радиус пор в $\text{мкм}$	0,13—0,75	0,75—10,65	> 10,65	> 0,13
	$\frac{S_1}{\frac{\text{м}^2}{\text{г}}}$	$\frac{S_2}{\frac{\text{м}^2}{\text{г}}}$	$\frac{S_3}{\frac{\text{м}^2}{\text{г}}}$	$S = S_1 + S_2 + S_3$ $\frac{\text{м}^2}{\text{г}}$
Лигнит Дойчешти 0,21—0,297 мм .	123,1	95,2	1,72	220,0
Лигнит Дойчешти 0,84—1,68 мм .	136,0	117,6	2,56	256,2
Полукокс Дойчешти 0,21—0,297 мм .	75,0	32,4	1,08	108,5

Так, как применяемый метод расчета не является совершенно точным, полученные результаты имеют ориентировочный характер.

Величина внешней поверхности угольных частиц в несколько тысяч раз меньше, чем величина общей поверхности.

#### Самовозгорание полукокса.

В представленной работе обращено внимание на адсорбцию водяных паров, как фактор обуславливающий первоначальный нагрев топлива. Адсорбция водяных паров является первичным фактором нагрева и для полукокса. В этом случае значения теплот, как и количество адсорбированной влаги, значительно меньше. Однако при увлажнении полукокса возникает дополнительный источник выделения тепла: тепловой эффект реакции образования гидратов окисных комплексов. Таким образом, в идентичных условиях нагрев полукокса вследствие адсорбции водяного пара будет больше, чем нагрев натурального угля, что объясняет быстрое самовозгорание сухого полукокса.



Большую склонность полукокса к самовозгоранию принято объяснять, как результат особенно активных свойств полукокса. Однако в работе показано (см. табл. 4), что поверхность полукокса, оставшаяся свободной для дальнейших низкотемпературных окислений меньше, чем поверхность первичного угля, так как часть поверхности полукокса уже занята окисными комплексами. Кроме того нужно еще учесть, что эти окислы образовались на наиболее активных участках поверхности. С этой точки зрения полукокс является менее активным топливом, чем первичный уголь.

В работе предложено объяснение большой склонности полукокса к самовозгоранию, как следствия большого содержания кислорода (в окисных комплексах). При нагреве полукокса (в результате первичного возбуждения) низкотемпературные окислительные процессы развиваются интенсивно, так как кислород уже находится внутри массы полукокса и процессы не заторможены диффузией кислорода из окружающего пространства.

Чтобы предотвратить самовозгорание полукокса нужно сделать его поверхность инертной к кислороду. Этого можно добиться образованием на поверхности полукокса гидратов окисных комплексов. Участки поверхности покрытые гидратами становятся неспособными к дальнейшей адсорбции или хемосорбции кислорода. Кислород, содержащийся в гидрате, химически связан прочно и при низких температурах не может участвовать в окислительных процессах.

\* \* \*

В последней главе работы рассмотрены пути энергетического использования румынских лигнитов и их полукокса. Лигнит представляет большие трудности в деле эффективного его сжигания, так как обладает следующими особенностями: весьма большой зольностью и заметным сопротивлением размолу. При сжигании румынских лигнитов в слоевых топках, из-за повышенного значения их зольности (~40%), необходимо проведение частой и глубокой шуровки. С этой точки зрения обратно переталкивающая топка представляет собой наилучшее решение, как указывает и опыт работающей на лигните Ужгородской электростанции. Для небольших котельных агрегатов, где применение обратно переталкивающей топки является слишком дорогим решением, можно использовать топку с механическим забрасывателем, с предварительным дроблением лигнита, или топку с шурующей планкой.

Для окончательного решения вопроса эффективного пылеприготовления лигнита в шахтных мельницах необходимо проведение специальных исследований. В настоящее время для камерных топок крупных котельных установок используется схема пылеприготовления с шаровыми барабанными мельница-

ми. Как путь к уменьшению расхода электроэнергии на размол, учитывая высокий выход летучих из лигнитов, целесообразно применение угрубленного помола.

Относительно комплексного использования румынских лигнитов в работе показано, что целесообразным является проведение процесса полукоксования с целью получения двух продуктов: полукокса, как энергетического топлива, и газа для бытового использования.

### КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

1. Изучено взаимодействие лигнита и его полукокса с атмосферной влажностью при 0°C, 20°C, 100°C. В связи с этим рекомендованы поправки, учитывающие влияние атмосферной влажности на точность определения влажности топлива методом высушивания.

2. Уделено внимание существованию окислов на поверхности полукокса, образованных в период его охлаждения. Необратимое присоединение воды полукоksom объясняется, как химическая реакция между адсорбированным водяным паром и окислами, с образованием гидратов. Заметное уменьшение адсорбционной способности полукокса, следовательно, и его влагоемкости, является следствием существования окисной пленки, которая, подобно инертным минеральным участкам, препятствует образованию адсорбированного слоя.

3. На основании изотерм десорбции расчетным путем определены действительные теплоты испарения влаги из лигнита и его полукокса, в интервале температур 0°C—20°C. В зависимости от области сушки определены средние процентные приращения действительной теплоты испарения влаги из лигнитов и их полукокса по сравнению с обычным значением теплоты испарения.

4. Теплоты испарения влаги меньше для полукокса, чем для первичного угля. Это можно объяснить тем, что наиболее активные участки поверхности полукокса были заняты кислородом. С этой точки зрения полукокс представляется менее активным топливом, чем его первичный уголь.

Для полукокса равновесная влажность, как и тепло испарения влаги, зависит от степени окисления его поверхности.

5. Из анализа показателей и кривых пористости, а также из кривых зависимости теплоты испарения от влажности установлено, что структура полукокса мало отличается от структуры первичного лигнита.

6. Определена истинная активная поверхность лигнитов. Средняя величина составляет около 200 м<sup>2</sup>/г. Средняя активная поверхность исследуемых образцов полукокса составляет около 100 м<sup>2</sup>/г. Показано, что ошибка, которая получается при учете только внешней поверхности частицы, весьма велика.

7. Из анализа поверхностей и кривых пористости установлено, что окисление полукокса происходит особенно интенсивно в микропорах ( $r = 2 - 10 \mu\mu$ ) и менее интенсивно в тончайших микропорах и в макропорах.

8. Показано, что причина повышенной склонности полукокса к самовозгоранию состоит не в особых активных свойствах полукокса, а в большом содержании кислорода, который находится на поверхности полукокса в виде окисных комплексов.

Обращено внимание на роль адсорбции водяных паров, как фактора первичного возбуждения самовозгорания, как для натурального угля, так и для полукокса. Вместе с тем можно полагать, что превращение при определенных условиях окисной пленки в гидратную, может оказаться практическим мероприятием для борьбы с самовозгоранием полукокса, так как на поверхности полукокса, покрытой гидратами, не происходит низкотемпературное окисление.

9. Данная работа является одной из первых работ, посвященных детальному изучению свойств румынских лигнитов и их полукокса. В связи с быстрыми темпами роста добычи лигнитов в Румынской Народной Республике, необходимо дальнейшее развитие широких и углубленных исследований свойств румынских лигнитов с целью их наилучшего энергетического и комплексного энергохимического использования.

