

ВЛИЯНИЕ ПЛАТИНЫ НА АДСОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЯ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

С. Левина, А. Фрумкин и А. Лунев

В ряде работ нами было показано¹⁻¹⁰, что адсорбция электролитов на беззольном активированном угле связана с возникновением двойного слоя на границе уголь—раствор. При этом в зависимости от газового заряда угля наблюдается адсорбция либо кислоты либо щелочи. Так, в присутствии кислорода уголь заряжен положительно, и образующиеся за счет кислорода гидроксилы обмениваются на анионы раствора, в результате чего происходит адсорбция кислоты. В атмосфере водорода, наоборот, уголь заряжен отрицательно, и ионы водорода замещаются катионами из раствора; наблюдается адсорбция щелочи. Однако уголь, бывший в соприкосновении с кислородом, сохраняет в атмосфере водорода, хотя и в ослабленном виде, адсорбционные свойства кислородного угля, и для того чтобы он приобрел характерные свойства заряженного водородом угля, необходимо присутствие на угле небольших количеств платины (Os, Pd, Au действуют аналогичным образом)¹⁰. Платина вводилась обычно химическим путем, действием раствора хлорной платины на уголь*.

Выяснению роли платины на угле был посвящен ряд работ. Если уголь не содержит платины, то в атмосфере водорода замечается уменьшение гидролитической адсорбции кислоты из нейтральной соли или кислого раствора по сравнению с той, которая наблюдается в кислороде. В присутствии очень маленьких количеств платины имеет место еще большее уменьшение адсорбции кислоты. Уголь, содержащий платину в количестве тысячных долей процента, уже способен адсорбировать щелочь в атмосфере водорода из нейтральной соли и щелочных растворов. При дальнейшем увеличении содержания платины на угле, адсорбция щелочи продолжает расти сперва быстро, потом медленней и при содержании платины порядка десятых долей процента адсорбция щелочи достигает предельного значения. Дальнейшее увеличение содержания платины уже не оказывает влияния на величину адсорбции щелочи. Таким образом при малом содержании платины получается уголь, свойства которого непрерывно варьируют с изменением содержания платины. Существование, что действие платины сказывается в таких количествах, что если бы платина была бы распределена атомарно по поверхности угля, то она могла бы покрыть лишь незначительную ее часть. Было также показано, что количество появляющейся в растворе NaCl щелочи при адсорбции кислоты всегда эквивалентно количеству исчезнувших из раствора хлор-ионов. При

* Рассчитанное количество раствора хлорной платины прибавляется при энергичном размешивании к предварительно смоченному водой углю, после чего последний сушится, затем прокаливается в токе водорода при 900° до полного удаления HCl.

гидролитической адсорбции щелочи из раствора NaCl количество хлоридов, наоборот, остается без изменения. Иначе говоря, одновременной адсорбции щелочи и кислоты не происходит. Эти факты свидетельствуют о том, что введение платины вызывает изменение свойств всей поверхности угля⁸. Так, при адсорбции щелочи вся поверхность заряжена отрицательно, при адсорбции кислоты — положительно. Действие малых количеств платины не может быть истолковано таким образом, что они сообщают прилегающим участкам угля свойства платинированного угля, между тем как остальная часть поверхности сохраняет свойства неплатинированного угля. Аналогичное действие платины наблюдается не только в атмосфере водорода, но и CO⁵; в кислороде платина повышает адсорбцию кислоты на угле.

Наряду с изучением влияния платины на адсорбцию электролитов на угле было также исследовано ее влияние на процессы, протекающие при соприкосновении угля с газами. В этом случае характер действия платины оказывается иным. Как показала работа Брунса и Аблезовой¹¹, процесс гидрирования этилена на платинированном угле протекает исключительно на платиновых центрах, так как константа скорости этой реакции находится в линейной зависимости от количества платины на угле. То же самое относится к низкотемпературной адсорбции на угле газообразного водорода, где количество адсорбируемого газа прямо пропорционально содержанию платины в угле¹². Из данных по адсорбции газообразного водорода на платинированном угле можно было вычислить величину поверхности платины на платинированном угле. Оказалось, что при содержании платины в 0,2% она покрывает поверхность в 0,03 м² на 1 г угля, общая поверхность которого составляет примерно около 500 м². Эти выводы подтверждаются данными рентгеновского анализа, которые показали, что платина располагается на поверхности угля в виде кристаллов с линейными размерами порядка 1·10⁻⁶ см.

Перед теорией стояла задача объяснить: а) каким образом при адсорбционных опытах в растворах электролитов платиновые центры изменяют свойства всей поверхности угля уже при ничтожном содержании платины, б) почему аналогичные явления не наблюдаются при газовых реакциях, в) как объяснить те промежуточные состояния поверхности угля, которые получаются при небольшом содержании платины. Шваб в книге „Катализ“ пишет, что механизм влияния платиновых центров на всю поверхность угля является „загадочным действием на расстоянии... до сих пор этому явлению не дано объяснения“.

Наиболее естественным казалось электрохимическое истолкование этого эффекта, т. е. предположение, что платиновые центры в атмосфере водорода играют роль водородных электродов, которые навязывают свой потенциал всей поверхности угля. Такое истолкование подтверждается неопубликованными опытами Чугунова, который производил непосредственные измерения потенциала угольных электродов с значительным содержанием платины. Оказалось, что этот потенциал идентичен с таковым обратимого водородного электрода. Таким образом становится понятным, с одной стороны, существование предельной адсорбции, которая соответствует приобретению всей поверхности угля потенциала обратимого водородного электрода, с другой стороны, также то обстоятельство, что аналогичный эффект не наблюдается в отсутствии раствора. Эта теория объясняет также, что поверхность угля при любом содержании платины во всех своих

точках имеет одинаковые свойства. Однако с точки зрения этой теории казалось затруднительным объяснить существование устойчивых промежуточных состояний адсорбции, более низких, чем предельное. Трудность истолкования этого факта заставляла искать другой механизм для объяснения влияния небольших количеств платины на всю поверхность угля, пока опыты, приведенные ниже, не показали, что правильной является все же электрохимическая теория.

Экспериментальная часть

При постановке опытов, которые послужили началом излагаемой работы, предполагалось, что явления, наблюдаемые при малых содержаниях платины, связаны с медленным приближением к состоянию равновесия, и поэтому было решено изучить кинетику этого процесса. Была изучена во времени адсорбция на угле с различным содержанием платины из растворов 0,01 N NaCl в атмосфере водорода. Активиро-

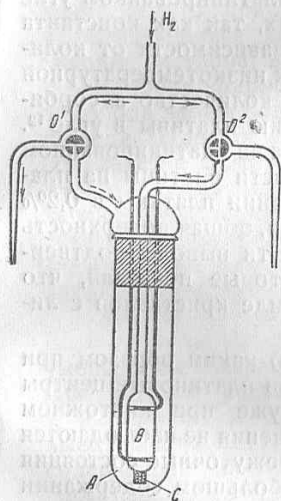


Рис. 1. Прибор для измерения адсорбции электролитов на угле. По изменению электропроводности раствора.

ванный уголь готовился по методу, подробно описанному в работе Брунса и Фрумкина³. Ход адсорбции во времени определялся по изменению электропроводности. Измерения велись в приборе, устройство которого ясно из рис. 1.

В часть прибора А помещается 0,5 г угля и 10 см³ раствора 0,01 N NaCl. Водород поступает в прибор по пути, указанному сплошными стрелками, через резервуар В (в котором находятся гладкие платиновые электроды для измерения электропроводности), стеклянный фильтр С и попадает в раствор с углем. Последний, таким образом, все время размещивается током проходящего водорода. Когда требуется измерить электропроводность, то поворотом трехходовых кранов D₁ и D₂ водород направляют по пути, указанному пунктир-

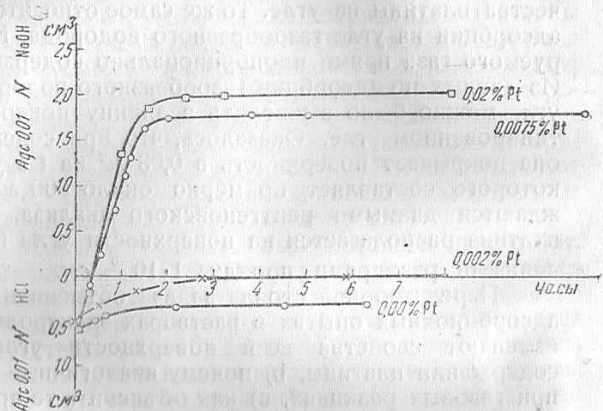


Рис. 2. Изменение адсорбции во времени на платинированном угле из 0,01 N раствора NaCl в атмосфере водорода. На оси абсцисс отложено время в часах, на оси ординат, вверх от нуля, — адсорбция в см³ 0,01 N NaOH, вниз от нуля — адсорбция в см³ 0,01 N HCl.

ными стрелками. Раствор под давлением водорода попадает в резервуар В, уголь при этом задерживается стеклянным фильтром. Прибор был погружен в термостат, в котором поддерживалась температура в 25° С. Кривые рис. 2 дают результаты кинетических опытов на образцах угля с содержанием платины 0,00, 0,002, 0,0075 и 0,020%. Дальнейшее увеличение содержания платины на данном образце угля уже практически не влияло на возрастание адсорбции.

В приводимой ниже табл. 1 сопоставлены для некоторых кинетических опытов конечные значения адсорбции, вычисленные по электропроводности и полученные титрованием того же раствора в присутствии фенолрота.

Как видно из табл. 1, совпадение этих определений хорошее, что свидетельствует об отсутствии каких-либо посторонних процессов.

Результаты кинетических измерений показывают, что независимо от содержания платины на угле адсорбционное равновесие устанавливается в течение 2—3 час., после чего адсорбция дальше не идет. Некоторые опыты на угле с содержанием 0,002% Pt продолжались в течение 6 дней, и возрастания адсорбции за это время замечено не было. Тенденции хотя бы медленного приближения к максимальной величине адсорбции, соответствующей потенциалу обратимого водородного электрода, не наблюдалось. Отсюда следует, что наблюдаемые при малых содержаниях платины промежуточные значения адсорбции являются устойчивыми, и предположение о медленном приближении к адсорбции, соответствующей потенциалу обратимого водородного электрода, должно быть отброшено.

Во время одного из опытов было замечено, что механическое соприкосновение платины с углем влияет на его адсорбционные свойства так же, как и введение платины химическим путем. Оказалось, что достаточно добавить к неплатинированному углю кусочек гладкой платины, чтобы наблюдать адсорбцию щелочи в атмосфере водорода из растворов NaCl и NaOH, подобно тому, как это наблюдается с платинированным углем. Адсорбционный эффект велик (но все же ниже максимально возможного); так например, если добавить несколько кусочков платиновой жести с общей поверхностью в 2 см² к 0,5 г неплатинированного угля, то в атмосфере водорода наблюдается адсорбция в среднем около 10 см³ 0,01 N NaOH (из раствора 0,01 N NaOH). Конечное значение адсорбции устанавливается в течение нескольких дней. Адсорбция эта обратима. При впуске кислорода вся адсорбированная щелочь выделяется обратно. Если вновь пропустить водород через тот же уголь, после удаления платины, то все же наблюдается небольшая адсорбция щелочи порядка 0,5—0,7 см³ 0,01 N NaOH. Последнее обстоятельство может быть объяснено некоторым стиранием платины при длительном разбалтывании с углем. Тот факт, что механическое добавление платины сообщает углю те же адсорбционные свойства, что и химическое введение, заставляет принять для обоих случаев чисто электрохимический механизм.

ТАБЛИЦА 1

Адсорбция в см³ 0,01 N NaOH (из 0,01 N NaCl в H₂ на 0,5 г угля с 0,02% Pt)

Вычислено по электропроводности	Определено титрованием
1,99 1,92	2,09 1,95

Наши опыты показали, что эффект, аналогичный действию гладкой платины, можно получить, добавляя к углю платину в других формах, например, золя, платинированной платины, платиновой черни* и, наконец, платинированного угля.

Был проделан ряд опытов со смесями платинированного и неплатинированного угля. Оказалось, что добавление к неплатинированному углю небольших количеств угля с 0,5% Pt вызывает в атмосфере

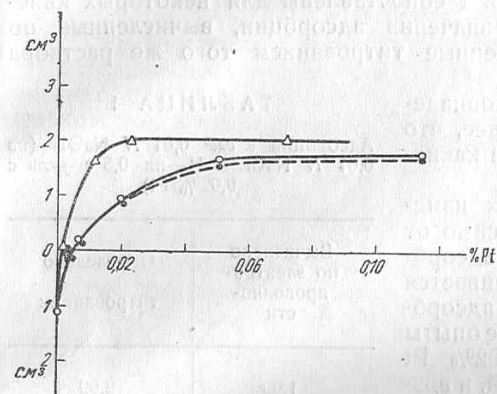


Рис. 3. Адсорбция на смеси платинированного и неплатинированного угля из 0,01 N NaCl. На оси абсцисс отложено процентное содержание Pt, на оси ординат, вверх от нуля, — адсорбция щелочи в см^3 0,01 N NaOH; вниз от нуля, — адсорбция кислоты в см^3 0,01 N HCl.

● — кривая для неплатинированного угля; ○ — кривая для смеси неплатинированного и платинированного угля; Δ — кривая для платинированного угля.

водорода перезарядку всей поверхности угля, в результате чего мы уже не наблюдаем в растворе кислоты никакой адсорбции, а из растворов NaCl и NaOH имеет место адсорбция щелочи. Так например, 0,5 г неплатинированного угля адсорбировали из раствора 0,01 N H_2SO_4 в атмосфере водорода $9,25 \text{ см}^3$ 0,01 N H_2SO_4 . На смеси 0,5 г неплатинированного и 0,2 г угля с 0,5% Pt никакой адсорбции кислоты не наблюдается. В табл. 2 приведены результаты адсорбции на различных смесях платинированного и неплатинированного угля из 0,01 N NaCl в атмосфере H_2 . Эти же данные приведены в виде кривых на рис. 3.

Данные адсорбции на смеси показывают, что ад-

ТАБЛИЦА 2

Количество угля с 0,5% Pt на 0,5 г неплатинированного угля	Содержание Pt в смеси в %	Адсорбция в см^3 0,01 N NaOH на 0,5 г смеси	Адсорбция в см^3 0,01 N NaOH, приходящ. на платинированный уголь	Адсорбция в см^3 0,01 N, NaOH, приходящ. на 0,5 г неплатинированного угля в смеси
0,00	0,000	-1,22**	0,00	-1,22
0,0025	0,0025	-0,10	0,01	-0,11
0,005	0,005	0,13	0,02	0,10
0,02	0,019	0,86	0,09	0,80
0,05	0,0455	1,84	0,22	1,81
0,20	0,1430	1,90	0,88	1,78

* Последнее объясняет явления, которые были описаны в работе Фрумкина и Донде (Вест. 60, 1216, 1927), когда одно время в ряде опытов неплатинированный уголь обнаруживал свойства платинированного, так как эти опыты велись в приборе, в котором раньше исследовались свойства платиновой черни. Очевидно, на дне прибора или в краях сохранились мельчайшие крупинки черни, которые попали на уголь.

** Минус обозначает адсорбцию кислоты.

сорбция происходит по всей поверхности как платинированного, так и неплатинированного угля, и поверхность последнего перезарядается при соприкосновении частиц угля с платинированным углем. Остается неясным, почему в этих случаях адсорбция несколько ниже ($1,82 \text{ см}^3$), чем при том же содержании платины, если ее ввести химическим путем ($2,1 \text{ см}^3$).

Возможность оперировать с механически добавленной платиной сделала осуществимым ряд опытов, которые позволили глубже изучить механизм адсорбции электролитов на угле.

После установления электрохимического характера действия платины на угольную поверхность оставалось выяснить вопрос, почему при малом содержании платины на угле адсорбция останавливается на некоторых промежуточных значениях, а не достигает максимальной величины. Вначале казалось вероятным следующее объяснение. Можно было предположить, что платинированный уголь с платиновыми центрами, играющими роль водородных электродов, и остальной поверхностью, покрытой кислородом, ведет себя, как коротко замкнутый гальванический элемент. До тех пор, пока запас адсорбированного кислорода на поверхности угля не исчерпан, такой элемент должен принять некоторый потенциал, промежуточный между водородным потенциалом платины и кислородным потенциалом угля. Значение этого потенциала будет, конечно, зависеть от величины поверхности, покрытой платиной, и от скорости электродных процессов на тех и других участках. Если предположить, что количество кислорода, которое тратится в единицу времени, благодаря действию локальных элементов мало по сравнению с общим запасом кислорода на поверхности, то очевидно, что промежуточное состояние поверхности могло бы сохраняться неопределенно долгое время,

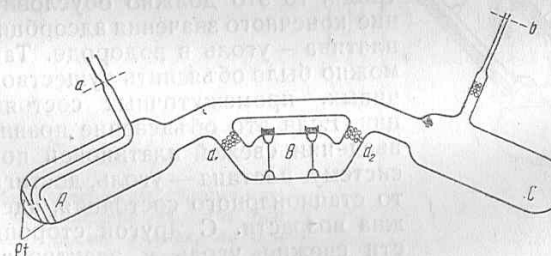


Рис. 4.

что бы объясняло наблюдаемые явления. Однако в этом случае, если мы удалим платину с поверхности угля после того, как установилось стационарное промежуточное состояние адсорбции, то адсорбционные свойства должны вернуться к значениям кислородного заряда угля. Для выяснения этого вопроса был поставлен следующий опыт. В часть прибора A (рис. 4), в дно которого впаяны кусочки платиновой жести, было помещено 16 см^3 раствора 0,01 N NaOH и 0,5 г неплатинированного угля. Прибор заполнялся водородом, запаивался в а и б, и вся система подвергалась взбалтыванию. Адсорбция определялась измерением электропроводности раствора в части прибора B, где были помещены гладкие платиновые электроды. При переливании раствора уголь задерживался стеклянными фильтрами d_1 и d_2 . После измерения раствор снова переливался в A. Опыт продолжался

сначала шесть дней до установления стационарного состояния, которое соответствовало адсорбции $10,5 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ N NaOH}$. После этого раствор и уголь переливались в часть прибора С, чем платина удалялась из сферы реакции, и взбалтывание ампулы продолжалось еще два дня. Никакого изменения адсорбции не произошло, электропроводность раствора оставалась неизменной. Этот опыт показывает, что потенциал, сообщенный углю платиной, не меняется и после удаления последнего. Таким образом отпадает предположение, высказанное выше. Так как при больших количествах платины потенциал устанавливается хорошо и адсорбция щелочи достигает максимального значения, то можно было предположить, что при наличии малой платиновой поверхности имеет место действие каких-то отравляющих платину факторов. Источниками, вызывающими отравление, могут быть или какие-либо продукты, образующиеся на угле при пропускании водорода в растворах электролитов, или какие-нибудь ничтожные количества отравляющих примесей, присутствующих в обычных химических чистых реактивах. Как показали работы Атена^{13, 14}, в щелочи и кислоте Кальбаума имеются примеси, которые обуславливают тот факт, что на гладкой платине не удается установить потенциал обратимого водородного электрода. После того как раствор щелочи был неоднократно обработан платиновой чернью (для удаления из раствора путем адсорбции отравляющих примесей), Атену удалось получить на гладкой платиновой проволоке потенциал обратимого водородного электрода¹⁴.

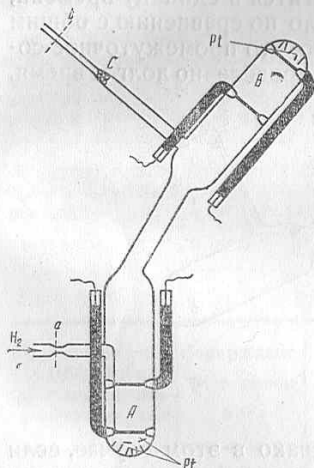


Рис. 5.

Если имеет место отравление платины на угле и потенциал ее поэтому не достигает потенциала обратимого водородного электрода, то это должно обусловить уменьшение конечного значения адсорбции на системе платина — уголь в водороде. Таким образом можно было объяснить существование устойчивых, промежуточных состояний адсорбции. Если это объяснение правильно, то при введении свежей платиновой поверхности в систему платина — уголь, достигшей какого-то стационарного состояния, адсорбция должна возрасти. С другой стороны, если ввести свежий уголь и электролит на платиновую поверхность, на которой уже был проведен адсорбционный опыт и адсорбция остановилась на каком-то промежуточном значении, то в этих условиях не должно быть никакого действия платины на адсорбционные свойства угля. С целью проверки этих предположений были поставлены следующие опыты. В части прибора А (рис. 5) впаяны кусочки платины (их общая поверхность около 2 см^2), и имеются гладкие платиновые электроды для измерения электропроводности. Аналогичным образом устроена часть прибора В, соединяющаяся с А широкой трубкой.

В начале опыта в А помещались 16 см^3 $0,015 \text{ N NaOH}$ и $0,5 \text{ г}$ неплатинированного угля (количество раствора было взято из такого расчета, чтобы имелся значительный избыток щелочи, так как адсорбция, приходящаяся на $0,5 \text{ г}$ угля с $0,5\%$ платины, составляла $16,78 \text{ см}^3$

$0,01 \text{ N NaOH}$). Прибор насыщался водородом, запаивался в а и б. Вся система подвергалась энергичному взбалтыванию. Измерения электропроводности раствора производились один раз в день.

Через пять дней адсорбция перестала увеличиваться, и в течение двух дней никакого изменения электропроводности не наблюдалось. Всего адсорбировано было $10,89 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ N NaOH}$. Нужно отметить, что в противоположность тому, как это наблюдалось при адсорбции из раствора NaCl , при адсорбции из щелочи измерения электропроводности дают более высокие значения адсорбции, чем титрование. Объясняется это, вероятно, тем, что при пропускании водорода вытесняется адсорбированная на угле углекислота, которая реагирует со щелочью. После этого уголь с электролитом переливался в часть прибора В на свежую платину. При этом адсорбция щелочи возросла еще на $1,13 \text{ см}^3$. В сумме адсорбция составляла $12,02 \text{ см}^3$. На рис. 6 показан ход изменения адсорбции во времени.

Таким образом из описанного опыта видно, что при введении свежей платиновой поверхности наблюдается рост адсорбции щелочи. Од-

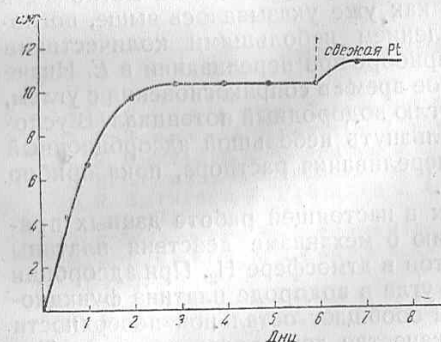


Рис. 6. Адсорбция щелочи на системе платина — уголь в атмосфере H_2 . По оси абсцисс отложено время в днях, по оси ординат — адсорбированная щелочь в см^3 $0,01 \text{ N}$ раствора.

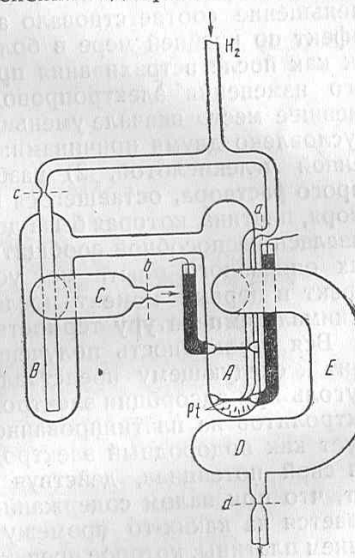


Рис. 7.

нако измеренная, суммарная адсорбция щелочи, а именно $12,02 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ N NaOH}$, не является предельной для $0,5 \text{ г}$ угля ($0,5 \text{ г}$ угля того же образца, содержащего $0,5\%$ Pt , адсорбирует $16,78 \text{ см}^3$ $0,01 \text{ N NaOH}$). Возможно, что отравление свежей платиновой поверхности произошло очень быстро за счет уже накопившихся во время опыта отравляющих веществ. Поведение платины при приливании к ней свежего раствора и угля, после того как на платине уже был закончен один адсорбционный опыт, изучено следующим образом.

В часть прибора А (рис. 7), где впаяны кусочки платиновой жести и имеются гладкие платиновые электроды, помещались 16 см^3 $0,015 \text{ N NaOH}$ и $0,5 \text{ г}$ неплатинированного угля, в часть В — 18 см^3 $0,015 \text{ N NaOH}$ и $0,5 \text{ г}$ неплатинированного угля. Система заполнялась водородом в течение 7—8 часов, в это время последовательно отпайвались трубки а, потом б и, наконец, с и д. Вся система энер-

гично перебалтывалась. Адсорбционное равновесие наступило через 8 дней; оно соответствовало адсорбции $12,5 \text{ см}^3 0,01 \text{ N NaOH}$. После этого уголь и раствор энергично и быстро встряхивались, чтобы разболтать уголь в жидкости, и весь прибор наклонялся на 90° таким образом, чтобы части его *C* и *D* были направлены вниз. При этом повороте раствор и уголь из *B* попадают в *C*, а из *A* в *E*. Когда прибор возвращался в исходное положение, то электролит с углем из *C* попадает обратно в *B*. Раствор же с углем из *E* переливался в *D* и не мог уже вернуться в *B*. В два-три приема удавалось таким путем перевести весь раствор и уголь из *A* в *D*. Затем поворачивают прибор так, чтобы части *C* и *D* были направлены вверх, и, вращая в горизонтальной плоскости, переливают электролит и уголь из *B* в *A*. После этого прибор помещался в термостат и измерялась электропроводность свежеприлитого к платине раствора. Электропроводность оказалась ниже, чем у исходного, взятого для опыта раствора щелочи. Это уменьшение соответствовало адсорбции $4,13 \text{ см}^3 0,01 \text{ N NaOH}$. Этот эффект по крайней мере в большей части не обусловлен адсорбцией, так как после встряхивания прибора еще в течение целого дня никакого изменения электропроводности уже больше не наблюдалось. Имевшее место вначале уменьшение электропроводности могло быть обусловлено двумя причинами: 1) как уже указывалось выше, поглощенной углекислотой, 2) разбавлением небольшими количествами старого раствора, оставшегося в приборе при переливании в *E*. Иначе говоря, платина, которая была долгое время в соприкосновении с углем, оказалась неспособной сообщить углю водородный потенциал. В условиях описанного опыта мог ускользнуть небольшой адсорбционный эффект в первый момент после переливания раствора, пока прибор принимал температуру термостата.

Вся совокупность полученных в настоящей работе данных приводит к следующему представлению о механизме действия платины на уголь при адсорбции электролитов в атмосфере H_2 . При адсорбции электролитов на платинированном угле в водороде платина функционирует как водородный электрод и сообщает остальной поверхности угля свой потенциал, действуя в качестве локального элемента. Тот факт, что при малом содержании платины адсорбция на угле останавливается на каких-то промежуточных значениях, объясняется отравлением платины, которое препятствует тому, чтобы на ней установился потенциал обратимого водородного электрода. В настоящее время ведутся опыты по выяснению причин отравления: 1) загрязняющие примеси в электролите или 2) продукты, образующиеся на самом угле.

Опыты, на основании которых сделаны настоящие выводы, производились с гладкой платиной, а не с мелкодисперсной, каковую мы имеем при нанесении платины на уголь химическим путем. Вряд ли можно сомневаться, что полученные выводы могут быть перенесены и на платиновые центры при химическом введении платины в уголь.

Резюме

1. Было показано, что действие платины на адсорбционные свойства угля, которое наблюдается на платинированном угле в атмосфере водорода, может быть воспроизведено при простом механическом соприкосновении гладкой металлической платины и угля в растворах электролитов.

2. Была измерена зависимость количества щелочи, которая адсорбируется неплатинированным углем в атмосфере водорода, от количества прибавляемого к нему платинированного угля.

3. Было показано, что: 1) адсорбция щелочи на угле при взбалтывании с гладкой металлической платиной в атмосфере водорода может быть увеличена, если ввести в систему свежую поверхность платины, и 2) что поверхность платины, которая взбалтывалась с углем в растворе щелочи в атмосфере водорода до достижения стационарного состояния адсорбции, не в состоянии больше влиять на адсорбционные свойства угля.

4. Перечисленные факты приводят к заключению, что платина в платинированном угле действует на остальную поверхность угля электрохимическим путем, сообщая ему свой потенциал, и что адсорбция при малых количествах платины, которая меньше адсорбции соответствующей потенциалу водородного электрода, объясняется отравлением платины.

Москва.

Физико-химический
институт им. Карпова.
Отдел поверхностных явлений.

Поступило в редакцию
9 ноября 1935 г.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. A. Frumkin, Koll. Z., 51, 123, 1930.
2. A. Frumkin, Phys. Z. Sow. Un., 4, 239, 1933.
3. B. Bruns u. A. Frumkin, Z. physik. Chem. (A) 141, 141, 1929.
4. R. Burstein u. A. Frumkin Z. physik. Chem. (A) 141, 219, 1929.
5. B. Bruns u. A. Frumkin. Z. physik. Chem. (A) 147, 125, 1930.
6. R. Burstein, A. Frumkin u. A. Lawrowskaja, Z. physik. Chem. (A) 150, 421, 1930.
7. S. Wassiljev u. A. Frumkin, Z. physik. Chem. (A) 151, 187, 1930.
8. A. Frumkin, S. Lewina u. O. Zarubina, Z. physik. Chem. (A), 155, 41, 1931.
9. B. Bruns u. A. Pilojan, Z. physik. Chem., (A) 155, 77, 1931.
10. B. Bruns, E. Pos, A. Gorodezkaja u. F. Perelman, Phys. Z. Soc. Un. 2, 497, 1932.
11. B. Bruns u. C. Ablesowa, Acta Physicochimica URSS, 1, 90, 1934.
12. R. Burstein, P. Lewin u. S. Petrow, Phys. Z. Sow. Un. 4, 197, 1934.
13. Aten a. Zieren, Rec. Trav. chim. Pays-Bas, 48, 944, 1929.
14. Aten a. Zieren, Trans. Am. Electrochem. Soc., 58, 153, 1930.