

ИСТОРИЧЕСКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА ЗА РУБЕЖОМ¹

Проф. К. Ф. Белоглазов

I

Уже более четверти века непрерывно говорится об отставании теории флотационного процесса от его практики. Все деятели в области флотации это знают. Однако до сего времени никто из обогащателей не поставил и не попытался решить вопрос о причинах такого недопустимого и вредного положения.

В Советском Союзе всякая фабрика или завод представляет собой организм, пульс жизни которого бьется ускоренно, преодолевая все возникающие трудности волей и силой всего коллектива, живущего интересами и задачами предприятия и кровно заинтересованного в успехе дела. Совокупность предприятий данной области промышленности непрерывно и в массовом количестве устанавливает новые факты. А так как для первого этапа теории прежде всего необходим хотя бы простой упорядоченный обзор всей этой массы фактов, то естественно, что теоретики должны быть тесно связаны с практикой, должны жить ее жизнью, «печалиться ее печалью» и радоваться ее радостями. К сожалению, это имеет место далеко не всегда.

Другое обстоятельство, которое мне хотелось бы отметить, заключается в том, что, создавая наши первые обогащательные фабрики, мы в свое время, естественно, пытались использовать опыт заграницы — в первую очередь, опыт англосаксов, у которых флотация развилась ранее, чем в других странах. Но вместе с действительно полезным опытом заграничных фабрик, многие достижения которых, как известно, в весьма короткий срок были превзойдены молодой советской обогащательной промышленностью, нами были некритически восприняты и некоторые неверные теоретические направления, в ряде случаев оказавшиеся крайне живучими и явившиеся серьезным препятствием на пути развития теории флотационного процесса в Советском Союзе.

Мой доклад имеет целью дать обзор истории развития и состояния вопроса теории флотации за рубежом. Вместе с тем, в конце сообщения я позволю себе в качестве предпосылки к следующему докладу сделать некоторые выводы о путях, которыми должна двигаться отечественная флотационная наука, чтобы подняться на высоту, отвечающую требованиям нашей замечательной эпохи.

¹ Стенограмма доклада, прочитанного на семинаре-дискуссии по теории флотационного процесса в Ленинградском горном институте в марте 1951 г.

Не знаю, существует ли более яркий, чем флотация, пример того, как в капиталистическом мире наука делается орудием наживы отдельных мощных финансовых группировок.

Общезвестно, что первоначально флотационный процесс находил лишь отдельные разрозненные приложения в форме обогащения руд с большими расходами масел, обуславливавшими по сути экстракцию ценной составляющей.

Положение изменилось полвека тому назад, когда появившаяся в Англии фирма MS¹ приобрела итальянский патент Фроменте (1903 г.), а затем в 1905 г. заявила свой основной патент обогащения руд пенным способом с применением механической агитации и расходом масла менее 1 кг/т, обусловив, таким образом, верхний предел расхода реагента.

В относительно короткий срок фирма MS захватила в свои руки мировую монополию обогащения руд флотацией и прочно удерживала ее вплоть до 1922 г.

На истории этой монополии следует остановиться. Она поучительна и не потеряла интереса даже в наши дни, когда английскую фирму MS заменили американские компании, которые применяют, однако, те же приемы в работе и являются источником тех же вредных воздействий, тормозящих правильное развитие флотационной науки.

Первоначально фирма MS претерпела ряд неудач в промышленном применении флотации. Но, выиграв вскоре ряд дорогостоящих судебных процессов с другими патентодержателями и поглотив фирму «Объединенная цинковая К°», сосредоточила в своих руках патенты, предусматривавшие все химические возможности процесса. Таким путем MS получила юридическое право эксплуатации продукта мысли и опыта во всем капиталистическом мире.

Все теоретики и практики, желавшие работать в области флотации, вынуждены были либо по «добровольному» согласию, либо под воздействием суда обслуживать фирму MS, обогащая ее. Она, как гигантский паук, высасывала все лучшее, что творил человеческий мозг в области флотации. Финансовая мощь фирмы обеспечивала возможность такой деятельности.

Отдельные предприятия делали попытки избежать цепких лап MS, но это заставляло их ориентироваться на отсталую технику. Так, появилось множество патентов на использование таких масел, которые можно было бы применять в процессе в количествах, больших чем 1 кг/т. Были испытаны отбросы самых разнообразных производств — дешевые масла, не тормозящие процесса даже при крайне высоких расходах. Другими словами, деятельность MS способствовала разработке масляной флотации, устаревшей уже тогда и совершенно оставленной ныне.

Стремясь сохранить свое монопольное положение, фирма окружила свою работу глубокой тайной. Известно, например, что уже в 1905 г. она имела в Лондоне исследовательскую лабораторию по процессу флотации, в которой изучались вопросы флотационного обогащения руд, проверялись новые патенты и, повидимому, велись теоретические изыскания. О последнем свидетельствует участие крупного английского физика Эдсера, который, не являясь знатоком флотации, мог быть привлечен лишь для решения каких-то более общих задач теории.

Все предприятия, эксплуатировавшие патенты MS, также должны были сохранять тайну процесса, особенно его химической стороны. Для

¹ Minerals Separation.

обеспечения этой тайны фирма на каждом крупном предприятии имела своих сотрудников, которые налаживали процесс, руководствуясь только им известными секретами и советуясь только с консультантами фирмы. Вместе с тем, сотрудники MS, работая на многих предприятиях, собирали новый опытный материал и новые идеи, которые проверялись в лабораторном и промышленном масштабе и концентрировались в фирме.

Кстати, известно, что даже на территории России в 1913 г. работал сотрудник фирмы MS Говард, который на медном порфиrowом руднике (Закавказье) проверял действие щелочной среды — едкого натра.

На предприятиях малого масштаба, например на Риддерской концессии, фирма не держала своих сотрудников, но, как случайно мне известно, все опыты флотации в 1916 г. проводились там под непосредственным контролем и по указаниям Лондона. Результаты каждой серии опытов в виде компактных таблиц, построенных по строгой форме, без обсуждения на месте направлялись в Лондон, откуда с обратной почтой, опять-таки без всякого объяснения причин и без оценки сообщенных результатов, поступали детальные указания о том, какие опыты необходимо ставить в дальнейшем. Кстати сказать, подобная система работы успеха Риддерской концессии не принесла.

Так создавалась непроницаемая стена, ограждающая работу флотационных фабрик от любопытных глаз. Опыт фирмы MS непрерывно увеличивался, научные ценности накапливались в ее руках, а теоретики внешнего мира должны были заниматься либо уже отброшенными процессами масляной и пленочной флотации, либо ломать головы над загадками нового, не известного им процесса, о головокружительных успехах которого они узнавали только по ценам акций.

Между тем интерес к процессу флотации был исключительно велик. С 1902 по 1916 г. только в трех журналах («Australian Min. Standart», «Eng. Min. J.» и «Min. Sci. Press») было опубликовано свыше 1800 статей и заметок, посвященных флотации. Но ценность статей совершенно правильно охарактеризована Гувером, собравшим эту библиографию: «Хотя литература и велика, но в ней не сообщается ничего увеличивающего наши знания. Стремление части компаний, владеющих патентами, тщательно скрывать детали процессов из-за боязни конкуренции и новых изобретений, не принадлежащих им, хотя и оправдывается с точки зрения обогащения компаний, но несомненно серьезно затрудняет, тормозит развитие искусства флотации и влечет потери для промышленности в целом» [3].

Было бы скучно систематически излагать содержание даже наиболее крупных работ этого периода, так как в подавляющем большинстве они содержат высказывания лишь в самой общей форме. Но некоторые из них, несомненно, заслуживают упоминания.

Так, Валентинер еще в 1914 г. детально изучал зависимость плавления частиц от краевого угла и крупности зерен [4].

Шранц в том же году заявил, что краевой угол, необходимый для плавления частицы, может быть меньше 90° [5].

Дюррель в 1915 г. пишет: «... ионы вытесняют окклюдированный частицами воздух, что и вызывает их флотацию» [6].

Бельчик и Ниил в 1916 г. декларируют положение: «... капиллярное действие масел не может иметь главной роли при флотации» [7].

Корлис и Перкинс в 1917 г. изучают эмульсии, влияние щелочей, ядов флотации (коллоиды) и объявляют мощными пенообразователями терпинеол и ментол [8].

Когхил и Андерсен в 1918 г. изучают условия плавания цилиндров и устанавливают, что угол θ должен быть больше 90° ; при малых же размерах частиц он может быть много меньше 90° [9].

Можно привести бесчисленное количество работ, абсолютно ничего не дающих для практики. Иллюстрирую это несколькими примерами, заимствованными из зарубежной литературы 1916 г.

Так, в статье Таггарт и Бич детально анализируются явления плавления цилиндра и колец, обсуждаются вопросы о вязкости поверхностного слоя и перемещении иголки в магнитном поле по запыленной поверхности воды [10]. А вслед за этим совершенно неожиданно приводятся выводы для пенного процесса, для которого, по заявлению авторов, необходимы: низкое поверхностное натяжение, высокая вязкость, подходящая концентрация реагентов и предпочтительная адгезия пузырьков к сульфидам. Рекомендация, как видите, весьма убедительная, ясная, но с ее помощью вы ровно ничего не сделаете.

Клейтон исследует 27 масел и сравнивает выход и содержание концентрата с диэлектрической постоянной масла. По выводу автора, наилучшие результаты показывают масла с высокой диэлектрической постоянной за исключением апельсинового масла, которое дает чистейший концентрат, хотя диэлектрическая постоянная мала [11].

Курьезно сообщение Шварца. В статье «Интересный пункт решения областного суда о флотации» он пишет: «Соглашаясь с мнением Брамфорда, суд постановил: никто не может понять, как можно, применяя только 0,1% масла, обеспечить пенную флотацию» [12]. Это решение суда выдвигает вопрос: может ли изобретатель взять патент и добиваться монополии на процесс, которого он сам не понимает?

Затем в статье приводится перечень собственных патентов автора и заключение обиженного человека: «Я вел и веду концентрацию руд без масла, без агитации воздухом и могу показать, что все перечисленные в патентах положения абсолютно не нужны для флотации».

Ван Арсдаль, несомненно, серьезный исследователь, установивший, что фактором, определяющим пенную флотацию, является присутствие или отсутствие поверхностных слоев на частицах и впервые, повидимому, применивший понятия о маслах, пенообразователях и омасливателях, пишет: «Явление флотации просто показать, но объяснение остается темным. Трудно объяснить даже самое слово «флотация». Первичное определение: флотационный процесс, использующий свойство различных частиц в отношении поверхности жидкость — газ» [13]. Для объяснения механизма плавления частиц автор предлагает схему водяного паука, которого вы все видели бегающим по поверхности спокойной воды, вопреки закону Архимеда.

Состояние теории флотации и общее положение вопроса в виде постоянных судебных разбирательств патентных споров блестяще обрисовано в юмористической статье Ригга [14]. Автор прав, характеризуя флотацию в Америке как метод обогащения кого-либо, базирующийся на всплывании легких вещей, например дутых золотых акций. Он с большим юмором описывает судебные процессы, на которых демонстрируется плавание иголки, пробок и т. п. и длительно обсуждается, есть ли элемент новизны в патенте, в котором разные реагенты, предложенные ранее, патентуются в новом порядке перечисления их.

О теории автор саркастически замечает, что к 1916 г. точными опытами и сложнейшими уравнениями теоретики бесспорно доказали, что все легкое всплывает, а тяжелое опускается на дно.

«Очень много работ было посвящено в литературе теории процесса, высказано очень много всяких предположений, но ценность этих теорий и гипотез может быть определена только непосредственными опытами на фабрике, которые покажут, насколько эти теории способны объяснять факты», — совершенно правильно отмечает Галь [15]. Но зато Когхил беззастенчиво сваливает вину с больной головы на здоровую. Виноваты, по его мнению, не ученые теоретики, работающие в отрыве от практики, а производственники, которые «...еще не научились думать в понятиях о молекулах и, как попугаи, без смысла повторяют чужие научные положения» [16]. Автор, не желая признать, что опубликованные в зарубежной литературе «чужие научные положения» по существу бесполезны для практики, видимо, для оправдания теоретиков излагает свои высокие мысли о непознаваемости природы. «Многие, — пишет Когхил, — высказывают желание открыть природу сил, заставляющих частицы сульфидов приклеиваться к пузырькам. Я думаю, что это желание никогда не будет удовлетворено. Пузырьки приклеиваются к частицам по той же причине, как масло приклеивается к нашим пальцам, когда мы несем его из лавочки».

Перечисленного достаточно для представления о крайне жалком и хаотическом состоянии теории флотационного процесса в заграничной литературе периода господства фирмы MS.

Положение не изменилось и тогда, когда патентному праву MS истек срок. Правда, это сопровождалось появлением двух больших статей: основателя MS Сульмана, работающего в области обогащения с 1893 г., и его консультанта физика Эдсера.

Из 95 страниц статьи Сульмана «Вклад в изучение флотации» 85 посвящены плаванию частиц на поверхности воды, краевым углам и гистерезису [17]. На стр. 83 читаем: «Пленочная флотация должна различаться от адсорбции частиц на поверхности пузырька», т. е. автор констатирует, что все изложенное им выше к пенной флотации прямого отношения не имеет. Тем не менее, ограничившись одной этой фразой и никак не поясняя ее, он переходит далее к общему обсуждению условий дифференциальной флотации, ни в какой мере не вскрывая ее теоретической сущности.

В свою очередь, Эдсер, излагая вопросы плавления тел, приводит остроумные примеры из медицинской практики, описывает трудности познания процесса, дает молекулярную теорию жидкостей и твердых тел [18]. Анализируя гипотезы, высказанные разными лицами ранее, он приходит к заключению об ошибочности всех теорий, базирующихся на извлечении большим количеством масла, так как масла даже в количестве 1 кг/т недостаточно для реализации подобного механизма. Для пенной флотации, по словам Эдсера, необходимо применять реагенты, не способные давать стойкую пену без частиц. Он устанавливает, что «...пенная флотация частиц из воды возможна, если угол отступления жидкости $\theta_{\min}$ больше 0° ; для плавления сухой частицы $\theta_{\max}$ должен быть больше 0° ». Наконец, нельзя не отметить следующее высказывание Эдсера: «Успешная флотация возможна при растворимых веществах, поэтому кажется, что пенная флотация зависит от существенно других условий, чем масляная».

Как видим, сказано все обо всем, но ничего не сказано о теоретических воззрениях самого автора.

В чем же дело? Одно из двух: либо к двадцатым годам вообще не было сколько-нибудь пригодной теории флотационного процесса, либо

она содержалась в тайне и вместе с другими материалами по флотации перешла в Америку, где после первой мировой войны появились новые мощные объединения, охотно скупавшие материальные и духовные ценности Европы.

Итак, деятельность фирмы MS совершенно оторвала теорию от практики. На фабриках устанавливались новые удивительные достижения, теоретики в мировой литературе оставались отделенными от этих событий непроницаемой стеной и пережевывали древние вопросы, только стдаленно связанные с творимым изумительным процессом.

В то время как практика доказала возможность и необходимость вести процесс при ультрамалых расходах реагентов, убедилась в превосходстве крезол над всяким маслом и перешла от масел к растворимым веществам (патент Сульмана в 1909 г.), теоретики ломали головы над масляной флотацией и изучали причины высокой флотоактивности эвкалиптового масла. Даже Ленгмюр в своей теории флотации (1921 г.) дает механизм только одной масляной флотации [19].

III

В 1921 фирма MS вышла из игры. На смену ей появились американские компании: American Minerals separation (AMS), в которой какое-то участие принимает Эдсер; Циан-амид К^о — химическая по названию, но усиленно скупающая патенты на флотацию железных руд, ильменита и т. п.; объединения Дюпон, Доу и др. Однако сменились только действующие лица. Как и до 1922 г., свободное слово продается и покупается. Как и ранее, изредка появляются скупые, чисто догматические высказывания консультантов, о собственных работах которых или об источнике, откуда они черпают свои догмы, мы ничего не знаем.

Иногда неожиданно прекращается деятельность крупного и оригинально мыслящего работника науки (например, Де-Витт), и через несколько лет молчания он вдруг неожиданно выступает в качестве консультанта какой-либо компании по флотации.

Как правило, теоретики избирают обычно какую-либо одну сторону процесса, какое-либо одно звено из цепи явлений, слагающих процесс, и занимаются его детальным исследованием. Но и в этом случае авторы (например, Таггарт) без всяких к тому оснований называют созданную или разрабатываемую ими гипотезу такого выбранного явления теорией флотации.

Забавно и грустно читать, когда под названием теории флотации специалисты-обогащители с жаром, хотя и в ненадлежащей обстановке, решают задачи чисто физической или коллоидной химии (Таггарт), в то время как опытные специалисты физико-химии или коллоидники, зная о флотации только понаслышке, создают теории процесса, имеющие пышную физико-химическую оболочку, но скрывающую внутри пустоту беспочвенности. Создаются группы лучших физико-химиков среди флотаторов и лучших знатоков флотации среди физико-химиков.

Крупнейшим недостатком очень многих работ высокоученых физико-химиков и коллоидников является пренебрежительное отношение к флотационному опыту. Часто после изысканнейших по точности физико-химических измерений, иногда подтвержденных безукоризненными термодинамическими расчетами, работа содержит два-три флотационных опыта без всякого анализа полученных результатов и принятой обстановки. Повидимому, авторы полагают, что флотационный опыт поставлен правильно, если он, хотя бы качественно, подтверждает их физико-

химические и термодинамические умозаключения. Горе фактам, если они осмелятся протестовать, — они безжалостно предаются забвению.

Особенно часто такие статьи встречаются в работах немецких ученых, более чем другие склонных к догматизму и фетишизму уравнений без учета многообразия факторов, определяющих результат флотационного опыта.

Ограничусь одним примером из нашумевших одно время работ Кселермана [20, 21, 22], особенно статьи «Основные положения флотации ксантогенатами» [22], где, исходя из теории, проверенной опытами встряхивания в пробирках, автор приходит к совершенно дикому выводу, что ксантаты действуют только продуктами своего распада (сероуглерод $-S-$ + спирт). Самоуверенность автора, чистого коллоидника, достигает предела, когда он предлагает на основании этих опытов новую схему аппарата, который разделяет галенит от сфалерита (без всяких мудростей, найденных практикой флотации) только смесью сероуглерода и спирта. Лучшей иллюстрации глубины невежества в области флотации не найти.

Другой тип статей, наполняющих зарубежную, особенно американскую, литературу, — это псевдоисследовательские работы, например опыты флотации на специально подобранном материале с целью рекламы новых выпущенных реагентов. Подаются эти работы в такой иногда солидной форме, что только учет обстановки, окружающей американца, вскрывает их вредное назначение.

В действительности, новые реагенты, запатентованные и в огромном числе выпускаемые магнатами химической промышленности Америки, конечно, как следует не проверены, не испытаны практикой, хотя характеризуются фирмами как мощные средства для лечения всех болезней флотационных фабрик. В то же время статистика Вейса (1947 г., правда, опять-таки от фирмы Доу Кемикал К°, выпускающей ксантаты) свидетельствует, что из 170 фабрик 148 применяют ксантат как главный реагент [23].

В свете сказанного не приходится удивляться пессимистическим высказываниям ряда авторов по вопросам состояния теории флотационного процесса, например Барча, Фаренвольда и др.

Так, Барч в работе «Относительно пенных систем» [24] пишет: «До настоящего времени теоретики самое большее могут только в научно-обоснованной форме подтвердить то, что практику давно известно. Причина такого неуспеха теоретиков заключается не столько в самих теориях, сколько в сомнительности экспериментальных методов, на которые эти теории опираются».

В свою очередь, Фаренвольд также отмечает, что ...ученые дали мало в области физико-химии флотационного процесса, несомненно, потому, что они не видят практической стороны дела; это возбудило бы их интерес» [25].

Прошло двенадцать лет, а существо дела не изменилось. И в 1936 г. Спрул вновь констатирует: «До настоящего времени флотация — экспериментальное искусство, продукт метода исканий и ошибок» [26].

Совершенно очевидно, что теория должна установить основные закономерности, которые характеризуют течение флотационного процесса в данной обстановке при заданных условиях. Такая теория позволит сознательно управлять процессом во всех случаях практики и будет действенным оружием в борьбе за создание новых ценностей.

Не следует, однако, забывать, что флотационный процесс непосредственно соприкасается с материальным миром многообразных рудных

комплексов. Соответственно, всякие попытки дать теорию, способную единой формулой охватить все многообразие приложений флотации и единым рецептом разрешить все задачи, с которыми сталкивается флотатор в новых объектах, являются грубо идеалистическими и безусловно обречены на неудачу. Между тем за границей подобные попытки имели значительное распространение и были одной из причин, которая вызывала растерянность и приводила к выводам о невозможности построения теории флотации вообще, перераставшим порою в чистый агностицизм.

Приведу несколько примеров подобных высказываний.

«Мы имеем так много теорий флотации, что вряд ли существует человек, способный сказать, которая из них хороша и которые являются негодными» (Локк [27]).

«Флотируемость — свойство материи. Наиболее легко флотируются ксантогенаты металлов» (Вейнинг и Пальмер [1]).

«Флотация — искусство» (Бирбрауер [28]).

«Теоретически явление флотации должно быть приписано взаимодействию трех поверхностных сил. Однако, поскольку мы не можем проверить эту теорию экспериментально, мы выигрываем не очень много» (Фрейндлих [29]).

«По своему специфическому характеру флотация является скорее искусством, чем наукой» (Дин [30]).

Наконец, самым достопримечательным является высказывание Брайтона, Бургенера и Гросса: «Флотационная камера — средство, не пригодное для исследования принципов флотации» [31].

Дальше идти некуда — авторы утверждают, что флотацию можно изучать только вне флотации!

Итак, прошло 48 лет со дня появления пенной флотации (считаю с момента опубликования патента Фроменста). За эти полвека пенная флотация достигла замечательных успехов. Она усовершенствовалась настолько, что сделала возможным обогащение самых разнообразных ископаемых и нашла себе применение даже в вопросах разделения сложных органических веществ. На фабриках обрабатывают многие сотни тысяч тонн руды в сутки. Между тем теория флотации, судя по материалам, опубликованным в журналах, книгах и специальной учебной литературе, практически находится на уровне работ Сульмана — Эдсера и существенно не изменилась за 30 лет.

Как и 30 лет тому назад, излагается теория плавления частиц, опять говорится о плавлении иглой, — явлении, известном Аристотелю и даже вероятно ранее, и ничего не прибавлено по теории пенной флотации, т. е. той форме процесса, которая совершает на фабриках такие изумительные дела.

Чтобы достаточно убедительно иллюстрировать это, приведу еще один последний пример: в американском учебнике А. Годэна (1939 г.), изданном у нас в 1946 г. [2], в главе «Флотация» нет раздела «Теория процесса», хотя есть такие разделы, как: «Теория действия шаровой мельницы» (стр. 109—113), «Теория грохочения» (стр. 146—154), «Теория движения твердого тела в подвижной среде» (стр. 167—187) и т. д.

Напомню все, что содержит по теории флотации эта книга (цитирую по переводу).

Стр. 347. «Объяснить процесс флотации трудно вследствие невыясненности природы избирательного сродства некоторых частиц к воздуху... Много чернил было затрачено на «объяснения» этой тенденции.

В действительности, однако, эти объяснения скорее являются только попытками найти связь между наблюдающимися в процессе явлениями, чем поисками основных причин флотации».

Стр. 347. «Практически важно, что свойство избирательного прилипания к пузырьку воздуха... принадлежит преимущественно углеводородным группам атомов, входящих в состав пленки на поверхности минерала».

Стр. 348. «Для понимания механизма флотации необходимо иметь общие представления о поверхностной энергии, поверхностном натяжении, об адсорбции, об угле смачивания, поверхностной активности и свойствах поверхности».

И это все. Таковы итоги зарубежной науки о флотации почти за полвека.

IV

Резюмируя изложенное, считаю возможным объяснять существующий в настоящее время за границей глубокий разрыв между практикой и теорией флотации следующим:

1) исторически сложившимся и до сих пор не устраненным отрывом теоретиков от деятельности технологов;

2) идеалистическими тенденциями, сложившимися за рубежом в попытках отыскания единого рецепта теории для всего природного многообразия объектов приложения флотации;

3) попытками теоретиков подходить к созданию теории процесса из общих положений науки в отрыве от практики, от достижений технологии.

Научный подход к проблеме может, принципиально говоря, осуществляться тремя путями.

Первый путь. Моделирование отдельных явлений, имеющих место или предполагаемых в процессе в предельном его упрощении. Этот путь может быть уподоблен работе физиолога над моделями органов. Здесь может быть проявлено много изысканного таланта экспериментатора, научного и строгого точнейшего анализа. Однако этот путь не дает непосредственных переходов к реальному процессу, так как модель всегда слишком упрощена и влияние не учтенных моделью факторов процесса может совершенно изменять сделанные в работе выводы. В качестве примера можно упомянуть исследования акта прикрепления пузырька к частице по методу краевых углов (Таггарт [32], Зидлер [33] и др.). Эта последняя группа работ до сих пор не дала четкого решения вопроса даже о величине краевого угла, отвечающего оптимальному результату флотации, хотя работы ведутся свыше тридцати лет.

Второй путь может быть аналогизирован с анатомией организма. От процесса отрезается какая-либо его часть и изучается вне общих условий и результатов процесса в целом. Например, исследование механической работы аппарата, структуры и качества пены, изучение процесса аэрации, взятого отдельно, и т. д. Этот путь дает внешне более грубые результаты.

Анализ полученного числового материала обычно очень сложен и мало показателен, но для непосредственного перехода к практике такой подход к делу более удобен.

Третий путь представляет аналог физиологии организма и заключается в точных, проверенных многократными экспериментами исследованиях влияния изменения отдельных параметров процесса на его ре-

ультаты. Этот путь, наиболее быстро дающий практические результаты, чаще всего используется обогатителями. Он сводится к непосредственным наблюдениям в самом процессе над влиянием реагентов (их качества и количества), влиянием крупности и плотности пульпы, способа диспергации и количества воздуха, природы разделяемых минералов и т. д.

Такие работы, хорошо поставленные и проведенные строго научно, наиболее ценны для познания процесса, так как они дают результаты, непосредственно важные для практики. Более того, по моему глубокому убеждению, именно на данных этого типа работ будет построена полезная для дела теория флотационного процесса. Нужно только, чтобы работы эти всегда ставились при достаточной точности флотационных опытов, с проверкой воспроизводимости результатов и полной характеристикой постоянных параметров.

Работа по созданию теории флотации предстоит очень большая, так как многое придется начинать сначала, но мы уверены, что мрак, окружающий теорию флотационного процесса, исчезнет, если все гипотезы, все обобщения научных работ будут проверяться практикой — единственно надежным критерием истинности теории.

В. И. Ленин, развивая учение Маркса—Энгельса о критерии практики в теории познания, пишет: «Точка зрения жизни, практики должна быть первой и основной точкой зрения теории познания... идя *по пути* марксовой теории, мы будем приближаться к объективной истине все больше и больше (никогда не исчерпывая ее); идя же *по всякому другому пути*, мы не можем прийти ни к чему, кроме путаницы и лжи»¹.

ЛИТЕРАТУРА

- Вейнинг А. и Пальмер И. Флотация. Методы и практика. Гос. Научно-техн. горно-геолого-нефтяное изд-во, 1933.
1. Годэ А. М. Основы обогащения полезных ископаемых. Металлургиздат, 1946.
 2. Hoover Th. J. Concentration ores by flotation, 3d Edition. London. 1916.
 3. Valentiner S. Metall. Erz., 1914, № 11, S. 62.
 4. Schranz H. Metall. Erz. 1914, № 11, S. 462—469.
 5. Durell C. T. Min. Sci. Press, 1915, v. III, № 12, p. 428.
 6. Belichic G., Neal R. O. Min. Eng. World, 1916, v. 45, p. 487.
 7. Corliss H. P. and Perkins C. L. Journ. Ind. and Eng. Chem, 1917, v. 9, p. 481—488.
 8. Coghill W. H. and Anderson C. O. Journ. Phys. Chem., 1918, v. 22, p. 237.
 9. Taggart A. F. und Beach F. E. Met. Chem. Eng., 1916, v. 15, Nov. I, p. 518—523.
 10. Clayton Y. Met. Chem. Eng., 1916, v. 15, Sept. 15, p. 278—279.
 11. Schwarz A. Met. Chem. Eng. 1916, v. 15, № 10, p. 553—554.
 12. Van Arsdal G. D. Eng. Min. Journ., 1916, v. 101, p. 851—855.
 13. Rigg G. Eng. Min. Journ., 1916, v. 101, p. 382—384.
 14. Gahl R. Met. Chem. Eng., 1916, v. 15, oct. I, 15, p. 393—405, 455—464.
 15. Coghill W. H. Min. Sci. Press, 1916, febr. 26. p. 314—316.
 16. Sulman H. L. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., 1920, № 29, p. 44—204.
 17. Edser E. The concentration of minerals by flotation. Fourth rept. on Colloid Chemistry, 1922, p. 281.
 18. Langmuir J. Gen. El. Rev., 1921, № 21, p. 1025.

¹ В. И. Ленин. Соч., т. 14, стр. 130.

20. Kellermann K. u. Peetz E. Kolloid. Zeit., 1928, № 44, S. 296—308.
 21. Kellermann K. Kolloid. Zeit., 1929, № 47, S. 268—78.
 22. Kellermann K., Bender E. Kolloid. Zeit., 1930, № 52, S. 240—243.
 23. Weiss N. Am. Inst. Min. and Met. Eng., 1947, Publ. № 2213, p. 12.
 24. Barisch O. Kolloid. Chem. Beihefte, 1924, № 20, S. 26—77.
 25. Fahrenwald A. W. Trans. Amer. Inst. Min. Met. Eng., 1924, № 70, p. 647—739.
 26. Sproule K. Canad. Min. Journ., 1933, v. 37, № 11, p. 582—588.
 27. Locke C. E. Eng. Min. Journ., 1926, v. 121, № 3, p. 109—11.
 28. Bierbraner E. Kohle und Erz, 1930, № 3, S. 62—4; № 4, S. 92—97.
 29. Freundlich H. Trans. Electrochem. Soc., 1931, № 60, p. 27—32.
 30. Dean R. S. Annual Report of the Metallurgical Division. Bureau of Mines. Report of Investigations № 3331, Jan. 1937.
 31. Brighton T. B., Burgener G. and Gross J. Eng. Min. Journ. 1932, № 5, p. 276—278.
 32. Taggart A. F., Arbiter H. Min. Techn., 1943, v. 7, № 4, p. 1—6.
 33. Siedler Ph. Zeit. Phys. Chemie. «A», 1935, № 74, S. 73—76.
-