

非金屬矿浮选法

苏联科学院



建筑工程出版社

內容簡介 本書系蘇聯科學院礦業科學研究所於1950年10月召開的非金屬礦浮選會議上所作的學術報告論文集。

書中總結了蘇聯在浮選理論及非金屬礦浮選實踐方面的巨大成就，具有很高的學術價值，對我國的選礦科學研究工作及實踐均有指導意義。

本書不僅適用於非金屬礦的選礦科學研究及生產人員參考，對冶金工業部門的選礦科學研究工作者也有很大參考價值。

本書經北京礦業學院選礦系任德樹教授校核。

原本說明

書 名 ОБОГАЩЕНИЕ НЕМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ МЕТОДОМ ФЛОТАЦИИ

編 著 者 Академия наук СССР

出 版 者 Издательство академии наук СССР

出版地點
及 年 份 Москва—1952

非 金 屬 礦 浮 選 法

冬 青 譯

1959年11月第1版 1959年11月第1次印刷 1,550冊

850×1168 1/32 • 200千字 • 印張7¹³/16 • 定價(10) 1.25元

建築工程出版社印刷廠印刷 • 新華書店發行 • 書號: 1666

建築工程出版社出版(北京市西郊百萬莊)

(北京市書刊出版業營業許可証出字第052號)

目 录

开幕詞 А. А. 斯科琴斯基院士 (1)

浮选理論現狀問題 И. Н. 普拉克辛院士 (4)

潤湿接触角及其在浮选过程中的作用

..... П. А. 列宾捷尔院士 (21)

浮游选矿过程中非金属矿物的抑制原理

..... М. А. 爱格列斯教授 (36)

矿浆中固体濃度对浮选时气泡矿化过程的物理机械影响

..... 技术科学博士 О. С. 保格丹諾夫教授 (50)

論水方礬石与石膏的浮游分选

..... 技术科学 博士 В. И. 克拉辛 (61)

論頓巴斯烟煤的浮选

..... 技术科学碩士 М. Г. 叶里亞什維奇副教授 (79)

玻璃砂浮选法的应用 技术科学博士 В. И. 克拉辛 (101)

盐的浮选分离 技术科学碩士 Л. И. 斯特列莫夫斯基 (110)

論有用矿物重力浮选法 技术科学碩士 И. И. 庫連柯夫 (120)

論碳酸盐磷鈣土矿石的选別問題

..... 技术科学碩士 Л. М. 契尔內 (129)

滑石的浮选 Е. П. 什耶布洛工程师 (150)

关于选矿技术術語的問題

..... 技术科学博士 С. М. 雅秀凱維奇教授 (163)

发 言:

В. А. 格列姆鮑茨基 (165)

В. И. 克拉辛 (167)

И. Н. 蕭尔謝尔 (169)

О. С. 保格丹諾夫 (170)

В. Н. 科斯特洛夫 (172)

А. П. 日尔捷夫	(174)
И. И. 庫連阿夫	(176)
В. А. 倫得克維斯特	(178)
Э. С. 布拉郭娃	(185)
Д. С. 叶麦里揚諾夫	(186)
И. Б. 什拉薩	(190)
И. М. 維爾霍夫斯基	(192)
В. А. 莫科羅烏索夫	(193)
В. И. 特魯什尼維奇	(196)
А. А. 格列庫洛娃	(197)
С. М. 雅秀凱維奇	(201)
О. С. 保格丹諾夫	(202)
В. И. 克拉辛	(206)
М. А. 愛格列斯	(209)
И. Н. 蕭爾謝爾	(213)
Г. П. 斯拉夫尼	(215)
Н. А. 阿連尼柯夫	(217)
А. К. 庫佐夫列夫	(217)
И. М. 涅斯切羅夫	(219)
И. Т. 列威烏什	(221)
В. А. 倫德克維斯特	(223)
Л. И. 斯特列莫夫斯基	(224)
В. А. 格列姆鮑茨基	(225)
М. Г. 叶里亞什維奇	(231)
И. Н. 普拉克辛	(232)
決 議	(241)

开 幕 詞

A · A · 斯科琴斯基 院士

約·維·斯大林在他語言學的天才著作中指出，在科學上必須廣泛開展能將科學向前推進的、創造性的討論。這一指示對於全體科學工作者，特別是選礦工作者有很大意義。

因此就浮選理論問題開始的討論，應值得格外重視，因為這將促使我們得出正確的概念以及促進科學工作者和工業生產者得以進一步創造性的合作。

因此，我請求會議參加者，在會議進程中尽可能就我們工作中存在的問題展開深入的討論，並提出克服這些缺點的切實可行的辦法。

非金屬礦物的浮選在蘇聯獲得了廣泛的發展。我們很早就掌握了石墨、磷灰石、霞石、方解石—螢石—白錫礦、重晶石—螢石、石英—藍晶石、高嶺土—鋁土礦及許多他種礦石的浮選方法。由於我國為浮選選礦的發展創造了極為有利的條件，故其理論與實踐成就是否一致公認的。

П · А · 列賓捷爾院士及其他學者在浮選理論物理化學基礎方面的深入研究的、蘇聯科學院通訊院士И · Н · 普拉克辛在選礦過程理論方面的研究，特別是就浮選過程中，藥劑同礦物的作用以及礦石物質組成對選礦過程選擇之影響進行的研究都是正確認識浮選過程中主要現象的理論基礎。

П · А · 列賓捷爾証實了固體附着於氣泡的物理基礎。А · Н · 弗魯姆金院士著作所証實的水薄層突破過程及附着過程動力學在這個現象當中對於浮選起着很重要的作用。

這個問題在О · С · 保格丹諾夫、М · А · 愛格列斯等學者的著作中也曾進行過討論。П · А · 列賓捷爾關於建築在氣泡礦

化基本过程之上的浮选条件下的絮凝机理理论，对于进一步阐述浮选过程有着重大意义。

Г·О·叶尔奇科夫斯基和他的合作者以及其他研究工作人员解决了浮选药剂和参与浮选过程中的分散体系的重要理论问题。

С·И·米特罗凡诺夫及其他专家在浮选机操作与结构方面做了许多研究。

苏联科学院通讯院士И·Н·普拉克辛就浮选过程中药剂同矿物的作用所作的研究工作在多方面有助于消除吸附与化学反应间不正确的对立观念。

В·И·克拉辛就证实溶解气体对浮选的影响进行了创造性的研究工作。

在这次会议上我们应当讨论在浮选过程发展中占有相当重要地位的非金属矿物浮选的基本理论问题。

会议包括下列主要题目。

一、浮选理论现状和一般理论问题。

列宾捷尔院士的报告题目是“润湿接触角及其在浮选过程中的作用”，他的报告论述了一套最主要的理论问题，解决这些问题与测量接触角有密切关系，因为接触角能使我们对浮选现象做出定量性的评价。

在苏联科学院通讯院士И·Н·普拉克辛的报告中批判地介绍了浮选理论现状、苏联学者在这方面最重要的工作方向以及在发展非金属选矿工业过程中出现的主要理论问题。

О·С·保格丹诺夫的报告介绍了他在矿浆浓度及脉石含量对浮选结果的影响方面的研究。

最值得注意的是酝酿已久的一个问题，那就是关于有用矿物精选方面的统一的、有科学根据的术语问题，这个问题由С·М·雅秀凯维奇负责报告。

二、会议第二个专题是对于非金属选矿具有普遍意义的一类问题。这个专题有М·А·爱格列斯报告，题目是“浮选过程中非金属矿物的抑制原理”和И·И·库连柯夫的报告“论有用矿物

的重力浮选法”。

三、在下面一組報告中是介紹各種非金屬礦物的新的精選工藝：М·Г·叶里亞什維奇的報告“論頓巴斯煤的浮選”；В·И·克拉辛兩個報告“論含硼礦物的浮選及石英的浮選處理”；Л·И·斯特列莫夫斯基的報告“論鹽的浮游分選”；Е·П·什耶布洛的報告“論滑石的浮選”；Л·М·契爾內的報告“論磷鈣土碳酸鹽礦石的選別問題”。

各報告重要的補充是在座的發言。

“對上述問題全面而認真的討論和總結，應當定出發展及深入研究理論概念的主要方向，以及促進浮游選礦在科學和技術上（在這方面我國已取得很大成就）進一步的發展。

浮选理論現狀問題

(結合非金屬矿物精選問題)

苏联科学院通訊院士

И·Н·普拉克辛

(苏联科学院矿业研究所)

选矿，特别是浮游选矿，对于发展矿山工业的重大意义說明着对这个部門的理論基础应予以切实的重視。物理学、結晶学和物理化学，特别是物質結構理論，表面現象的物理化学以及多相催化作用的重大成就，使我們有可能十分深入地鑽研浮选理論的科学基础。

浮选新的应用范围的迅速扩大表明，它在多方面的实际应用已超过了其理論的发展。此外，近几年来在浮选过程解釋上出現的許多派別也导致在各院校工作的研究工作者中間产生某些意見分歧，在某些場合下，甚至在同一研究單位里也存在着类似的情况。

浮选过程理論基础的討論应使我們洞悉該过程的主要問題。但是我們目前对于建立浮选过程理論基础的必要性尚認識不足。

約·維·斯大林指示并警告我們，要防止“犯做实际工作的人不关心理論問題的通病”^①。这一指示在相当大的程度上适于浮选的理論与实践。但是在这方面是实际工作者責备理論工作者，以及因此而产生了实际工作者不关心理論問題的現象，这是因为理論本身不够发展所致，如在浮选領域內，理論工作者往往只能做出定性性的結論，不能把理論分析推向可以取得定量性的結果。

此外，根据浮选方面的理論見解做出的定性的結論远不能总

^① 斯大林全集，著者卷首語。人民出版社：1954年版，9頁。

是一致的。鑑于有必要進一步豐富浮選理論，所以最好是研究浮選原理。發展浮選理論與表面現象的物理化學、物質結構理論、有機化學、礦物學等方面的研究工作有著密切關係。選礦的發展方向是與采礦冶金工業部門的技術經濟發展任務密不可分的。因此，浮選方面的理論研究工作也就應當服從於這個主要任務。

目前，由於斯大林同志對於馬列主義理論有了嶄新的、天才的貢獻，使我國學者十分清楚地認識到開展科學討論、防止停滯不前和在新的觀點上重新批判陳舊觀點的必要性，所以討論浮選理論的基本方向就顯得格外必要，因為正如斯大林同志指示的：

“如果沒有不同意見的爭論、沒有自由的批評，任何科學都是不可能發展、不可能進步的。”^①

蘇聯學者應當根據這一指示做出一切可能的旨在開展科學批評的結論，同時應當把創造性地討論科學著作看作是科學進步的主要條件。

為了深入研究科學理論原理而開展的討論，對於防止科學教條化與庸俗化尤為重要。在這方面，創造性的馬克思主義與“教條馬克思主義”間的鬥爭使蘇聯學者受到了良好的教育。

斯大林同志教導我們說：“……有一個科學部門的知識，却是所有一切科學部門中的布爾什維克所必須具備的，這就是馬克思列寧主義關於社會、社會發展規律、無產階級革命發展規律、社會主義建設事業發展規律以及共產主義勝利的科學。”^②

回顧1932年召開的第一次浮選理論會議和1948年12月蘇聯科學院礦業研究所與冶金工作者全蘇科學工程技術學會共同召開的浮選理論問題會議都曾幫助我們消除了浮選理論方面不真實的、臆造出來的觀點。但是在最後一次會議上就未能對於不加批判地採用所謂“價態共振理論”來解釋藥劑與礦物作用的企圖給予應有的評語。

有些著作家曾企圖用這個荒謬的“理論”不僅解釋浮選，而

① И. В. 斯大林：馬克思主義與語言學問題。人民出版社1953年版，29頁。

② И. В. 斯大林：列寧主義問題。外國文書局出版局1950年版，783頁。

且还想用来解釋更多的化学現象。联共(布)中央委员会关于观念形态問題的決議引起了科学方法学方面苏联科学輿論界的注意并帮助我們根除了錯誤的观点。儼然以“現代”理論作招牌推广人工虛构的理論不外乎是毫不加批判地搬移在资产階級科学范疇內宣傳的观点；以及不能充分地評價物質結構学說現代观点的奠基者，俄国化学家布特列洛夫、伊林斯基等人丰富的遺產。

这是化学界批評与自我批評不够开展的結果^①。应当說明，选矿工作者曾竭力避免把“共振理論”用来解釋浮选，但是企图把这个概念机械地搬入浮选領域內时，对于这些問題仍然缺乏批判分析，以及过于“客觀”地对待這個問題便是我們的缺点。

縱容向资产階級技术屈膝的另一显明的例子，就是“冶金出版社”毫无修改地出版了由若干著者所写的，并由塔加尔特所主編的陈旧的、有些地方不真实的、吹噓性的第一部美国选矿手冊。这本书的缺点在公开的書評中做了詳細的分析。但是也应当指出，在该手冊后来出版的几部中已經有了重要的增补，对該書的本文做了修改。

必須指出，我們对高丁理論观点的批判做得不够，这在1946年出版他的譯本时本来是可以做到的，此外，对該書質量的評價也过高。还有更加不能容忍的是过高評價外国著者的理論著作，这种現象在我們近几年出版的关于浮选理論的創作性書籍中常見。如在1947年出版的一本論述浮选理論方面的苏联小冊子中發現对外国著作家的著作引証居多，过分肯定外国学者的优先权，未能公正地指出苏联研究家們的功績^②。

外国关于有用矿物矿床科学方面有害的、荒謬的理論不能不間接影响选矿領域各种概念的发展。对于外国著作家关于地質学和矿床学等现实問題的錯誤見解（如捷加耶夫部份地将这些見解

① 有机化学中化学結構理論狀況。速記報告，苏联科学院出版社1952年版，375頁。

② К·Ф·別洛格拉佐夫：浮选过程規律性，冶金出版社1947年版，135—136、140—143頁。

輸入苏联)未能进行細致地糾正。

未能根据 A·E·費尔斯曼院士在地球化学方面的著作和 C·C·斯米尔諾夫院士在金屬矿床学方面的著作做出足够的結論。然而这对于浮选理論与实践問題是极为重要的。应当提醒的是,还在1939年 O·C·保格丹諾夫^①就指出了 B·A·奥布魯切夫院士,以及美国地質学家林德格兰关于金屬矿床(多为銅矿石)成因的分类不适用于选矿所追求的目的。

根据这个分类,浮游性質相差悬殊的銅矿石不仅归为金屬矿床的同一类,甚至归为同一等或同一級中。譬如根据这个分类将多种多样的选矿对象,如矿体圍岩是浸染状結晶片岩的烏拉尔致密黃鉄矿矿石,許多斑岩氧化矿和硫化矿統归为气化深成矿床。

很明显,在地質工作者和选矿工作者中間存在着相当大的分歧,这个分歧必須通过詳細的分別研究各矿床的方法来克服。只是目前才开始做糾正这个状况(如: B·A·格拉茨科夫斯基关于鉄矿矿床的著作)的尝试。我們也不止一次地指出过創立选矿矿物学或工艺矿物学的必要性。

若干時間以前,苏联科学院地質科学研究所本身发展的过程中曾輕視并阻碍了对于国民經济和科学极为重要的一个領域——工业岩相学的研究,这門科学的任务,除研究理論問題外,还要对工厂产品和工业产品进行旨在改进冶金过程的研究。

所以要求矿物、地質和选矿工作者开展不仅为选矿矿物学、同样也为能更加詳細地区分工艺特性相差悬殊的矿石的矿床分类学創造牢固基础的研究工作应当認为是完全正确的。

現代的浮选理論有許多成就。苏联和外国学者写出了許多研究浮选过程規律性和闡述其机理的著作。如果考虑到目前浮选所具有的重大意义,这点則是可以理解的。

浮选不但广泛用于选別各种有用矿物,同时也可以用到其他多种多样的技术領域中(化工—合成产品的分离、污水淨化、酵

① O·C·保格丹諾夫:苏联銅矿浮选成就及其試选原理,列于格勒,ГОИТИ 1939, 7頁。

母作物的分选、食品的加工等），这就需要利用现代科学的全部成就深入鑽研浮选过程的理論和物理化学基础。

但是，在技术科学杂志上开展的浮选理論的討論表明，現代的理論水平、这些著作的質量和指导性都不能滿足实践的要求。因此应当非常重視进行对上述問題的理論研究和明确这方面主要的科学发展的途徑。

进行浮选研究时产生的第一个問題就是工作的配合問題，就是說一方面要查明浮选过程的基本特性（如潤湿性、附着速度等），另一方面也要弄清研究浮选过程时所有这些現象的复杂綜合。

某些研究家对于浮选过程基本特性的研究抱着极其怀疑的态度。他們認定在基本特性物理化学測定与工艺过程理論制定間存在着不可避免的分歧，因此他們揚言研究浮选过程理論“得不到显著成績”，“浮选过程理論正处在尖銳危机的状态”，以及“这个危机至少是部份地反映着主要理論前提的破产”^①。这样的断言，虽然目的也是为了提出創立十分完整的浮选理論問題，但是可能对今后的工作提出不正确的方向，因为它否認把浮选过程分成基本行为、基本現象的合理性。

有时認為，由于基本現象不能說明浮选过程动力学，因而研究基本現象不能回答当前的問題。这是不正确的，首先是因为对浮选过程做出的正确的动力学解釋必然要考虑到浮选过程的机理。問題只是在于是否可以最正确地从事基本机理的研究，以揭开决定浮选过程进程的复杂綜合。

有时把浮选速度形式地当作浮选过程独自存在的特性来研究，不深入求其实質，不能把动力学与作用机理联系起来。我們反对这种研究方法。忽視基本浮选行为的机理、忽視浮选机内气泡矿化过程的細节，以及忽視浮选的其他特性都会导致对过程动力学做出不正确的动力学解釋和形式主义的結論。

① К·Ф·別洛格拉佐夫：浮选过程規律性，冶金出版社，1947年，135頁等。

有些研究家臆断地認為，不深知浮选过程的基本机理也可以推导出动力学关系；另外一些研究家，如B·A·格列姆鲍茨基認為，过程的基本机理已研究得十分彻底，因此无需做进一步研究。这两种見解都不正确。

如，在K·Φ·別洛格拉佐夫教授的上述著作中，举出两个說明浮选过程与時間关系的方程式（1）和（2）（9頁）。作者提出这两个方程式的目的在于不經充分考虑浮选过程的基本机理，来直接确定动力学关系。此时为了求方程式（2）中的常数 K_z ，就要把代表矿粒与气泡粘結强度并用 φ 表示的数值設成常数^①。

但是粘結强度是不能設成常数的（在時間方面）。实践証明，浮选結束前，难浮矿粒、以及它与非浮游矿物的連生体都会浮入泡沫产品。虽然这样的推导是假定性的，数值 K_z 最好（14頁）用来代替浮选过程速度的概念。

此时作者說道：“矿石浮选的良好配方，除少数情况例外（重点是我加的——普拉克辛），都能将过程引向祖依克規律性。

遺憾的是，使用函数 $\lg \frac{1}{1-\varepsilon}$ 来分析試驗結果的方法在試驗工作人員中間未能得到应有的推广。”（11頁）。但是把不能符合所研究的現象直接物理意义的近似关系，即由作者作为原式举出的方程式（1）中导出的关系称做“規律性”未必合适。

更重要的是，不能仿照一級化学反应的动力学关系解釋矿粒与气泡附着的現象，因为气泡的表面活性是随着气泡的矿化过程而改变的。若同化学反应速度的研究进行比較，这就等于企图用一个方程式来代表不同級的反应速度。众所周知，矿化过程进行最有效的气泡表面理想矿化現象是存在的。

利用快速显微攝影法研究气泡表面的矿化过程証明，“先固着在气泡上的矿粒是后来矿粒的阻碍物……（指滑脫而言——普

① 在其他情况下，即当作者提出浮选动力学的数学式，以 φ 代表变数时，由于方程式过于复杂，故极少适用于浮选研究。

拉克辛)，从而便于矿粒固着。”^①

只因为决定气泡矿化条件的各种因素相互抵消，致使浮选速度在各种情况下才大致与矿浆内矿粒总含量的一次方成正比。

对上述基于矿粒与气泡粘結强度之定值的方程式进行試驗验证（在M·A·爱格列斯、B·A·巴斯曼諾夫、И·Н·普拉克辛及其合作者的著作中）在许多情况下都未能证实它的正确性，这就确凿地说明非經深入研究浮选过程的机理，就不可能确定它的动力学关系。也应当指出，不是浮选的所有场合都适于采用A·K·里夫什茨提出的 $K \cdot \Phi$ ·別洛格拉佐夫方程的矯正系数；后者的功用就是使顆粒数自乘，其指数大于1，例如为1.1或1.2。对于提高气泡表面矿化率可以增加其活性的场合，这是正确的。这样的场合在粗选和扫选，即在矿浆内被浮矿物含量不高的条件下方可出现。当矿浆内的被浮矿粒数目很大时，气泡表面高度矿化会降低其有效系数；所以代表被浮矿粒数目的因子之冪指数应当小于1。这在精选或浮选矿浆内极多数的矿粒，如浮选磷鈣土或煤时便可以发现。

因此不能认为，提高气泡表面的矿化率都能同等地对其浮选活性发生影响。所以数学关系在不同的浮选条件下应当有所改变。理想矿化率应符合气泡表面的最大活性。这个原理源于O·C·保格丹諾夫和B·И·克拉辛的著作。

根据浮选基本行为的观念，有那些主要因素能说明浮选的动力学呢？

这里应当包括下列因素（对这些因素的研究，无疑是苏联学者的功績）：接触角大小和气泡尺寸对矿粒与气泡附着力的影响；接触角大小的改变与時間进程的关系；中間水层破裂的动力学（水层破裂后，形成新水膜，其性質不同于体积内的所有液体）；矿粒尺寸对附着过程的影响；气体在矿面上吸附和气体化学作用的影响，特别是氧气与矿物发生化学作用的影响；药剂对接触角

① O·C·保格丹諾夫、M·И·費兰諾夫斯基、C·Д·苏赫沃里斯卡联合著浮选理論問題。冶金出版社，1941，27頁。

大小和附着速度的影响；矿浆和泡沫层内的气泡矿化机理；气泡借液-固界面内溶解气体的逸出而形成的条件。所有上述因素对于测定浮选速度和浮选泡沫产品的矿物回收率有着很大的意义。

因此不能不着重谈一下矿粒与气泡附着基本行为的定量性，和对这个问题的动力学解释^①。鑑定固体表面性质最常用的一种方法，同时也是对于浮选研究很有意义的方法，就是П·А·列宾捷尔院士提出的接触角测量法。利用此法测出的接触角能够说明对于浮选很重要的表面性质，但是П·А·列宾捷尔指出，在这方面的直接预言是有限止的。

虽然个别研究家提出反对，但测量接触角竟可以使我们对固体表面性质因在其上面吸附有表面活性物质而产生的变化做出定量性评价。一般说来，很难肯定在接触角一定数值下矿物必将浮游。但是也不能否认，若矿面上接触角变大，即疏水性有所增加，则这样表面的浮选性质将会变好。例如，提高捕集剂浓度、延长接触时间以及增加气体吸附就会产生这种情况。

相反，减小接触角，即改善表面受水的润湿性（抑制剂发生作用和氧化膜形成时）就会导致浮选性质的恶化。

根据我们的看法，为了确定表面性质，特别是浮选性质，测量接触角对于说明表面性质受各种因素作用而产生的变化，有着特殊的价值。

还在1930年，А·Н·弗鲁姆金院士就曾指出，浮选基本行为（矿粒与气泡的附着）作为真实的过程与其说应当取决于热力学特性，毋宁说应取决于动力学特性。接触角值作为浮选过程基本行为的特性也就包括在А·Н·弗鲁姆金提出的原理以内。但也有一点差别，就是接触角的形成虽然是必要的，但这也并不是说明矿粒附着于气泡根本可能性的唯一条件。

与我们熟知的化学反应热力学和动力学间的关系一样，浮选条件下的附着结果取决于附着动力学。只是在优越于斯紋-尼里

① В·И·克拉辛和П·Д·拉托貝里斯卡娅：論矿物表面浮选活性的评价，“苏联科学院通报”，1949年57卷№3，487頁。

遜著作的M·A·愛格列斯^①的著作出現以後，才提出了附着速度的測量法。

O·C·保格丹諾夫和他的合作者（列寧格勒機械選礦研究設計院）運用顯微電影攝影法取得了進一步的成就。應當指出，附着速度還不能充分說明附着強度。

在B·И·克拉辛的試驗工作中^①，提出了表面性質的測定法，其理論基礎是測量表面坡度，即達到該坡度時，氣泡不再停留，而與表面脫離。

因此，除了測量接觸角以外，提出並應用了許多研究浮選過程基本特性的方法。對於採用顯微攝影法深入研究浮選動力學應該格外予以重視，因為這種方法最有發展前途。

結合接觸角大小與附着速度間關係的討論，應當提出A·H·弗魯姆金關於在這兩個量值中間不應當存在等值關係的指示。因為接觸角大時，恰好附着速度小這是可能的。例如，黃藥同方鉛礦作用時，若捕集劑濃度很高，則很快就會形成同等大小的接觸角。但是硫化礦由液-氣界面上的脫離力（根據O·C·保格丹諾夫、M·И·費蘭諾夫斯基和С·Д·蘇赫沃里斯卡婭的材料）在黃藥各種濃度下都是相等的。這個力大大地超過了礦粒重量，也就是說礦粒與氣泡的附着力在許多情況下都遠高於作用在礦粒上的重力。

由實踐可知，黃藥濃度增加時，浮選速度也隨之提高。所以可認為，黃藥濃度對浮選速度的影響是決定於附着速度，而不是取決於礦粒與氣泡的粘結強度。

藥劑與礦物的作用机理是最重要的浮選理論問題。

瓦爾克引証蘭米爾關於吸附的著作中的概念根本不能說明捕集劑對礦物的作用，這個概念的實質在於：認為捕收劑由水相吸附時，捕收劑在固體表面上以碳氫鏈取向於液相的分子，排列成均勻的單分子層。此時沒有考慮到固體表面性質的不均性，特別

① 物理化學雜誌，1938，12卷4冊。

是在矿物与水的界面上产生的不均性。

因此必須強調指出，不考慮被浮矿物表面不均性的概念是不正確的。所謂不均性系指表面性質呈嵌鑲狀分布，表面上有些部位复盖着含在水內的水化离子和特意加入的葯剂离子。其他部位复盖着捕集剂离子。

苏联的研究家們，如B·A·格列姆鮑茨基^①和M·A·爱格列斯^②已开始研究矿粒表面不均性对其可浮性的影响。这些研究在其应有的发展过程中，一方面可以使我們扩大和深入鑽研对于浮选理論很重要的矿物与葯剂的作用學說，另一方面也可以使我們着手科学地解决重要的實踐問題。實踐問題包括：選擇葯剂的适宜添加方法（同时添加或分次添加），制定同时降低葯剂用量（或保持原用量）的提高精矿回收率的方法；創造不采用泥、砂分別浮选以及其他浮选过程强化法的浮选泥、砂的适宜条件。

表面活性气体（多为氧气）的吸附有极大的影响。气体吸附的結果，造成影响整个被浮矿粒表面通性的总效果。因此不能認為可浮性只与捕集剂层密度有一致关系。决定表面浮选性質的不只是捕集剂层，因为葯剂是呈嵌鑲狀吸附。

关于三相潤湿周边的存在的問題是很重要的原則問題。

关于分隔固体表面与形成气泡的气相的水分子层与容积液相相同的臆断結論根本是錯誤的。我們深知，为使附着过程可以进行，这个水层厚度应有分子大小（見25頁）。

有时在浮选理論著作中，提議拋棄“热力学”概念，而采用“力能学”概念，以便对过程做出动力学解釋。

浮选过程的动力学解釋，就其总的結果是完全必需的。在許多情況下，动力学解釋法不仅是正确的，同时也能揭示最典型的浮选特性，如葯剂的作用过程，机器处理能力的計算等。在这方面应当欢迎向浮选理論最大限度貫輸动力学概念的意願。但是所謂

① B·A·格列姆鮑茨基：論矿物化学吸附活性与其浮选性質的关系，“苏联科学院通报”，技术科学学部，1949，№11。論捕集机理和速度与浮选过程强化的关系，“苏联科学院通报”，技术科学学部，1950，№2。

② 見該書的論文。