

## ENERGETISCHE CHARAKTERISTIK DER KONDENSATION VON ALUMINIUMKATIONEN IN WÄBRIGEN LÖSUNGEN

**Chr. Dobrev**

*Zeitlaboratorium für physikalisch-chemische Mechanik, Bulgarische Akademie  
der Wissenschaften, Sofia 1040*

Eingegangen am 29. 03. 1983

The energy level diagram of  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -HA- $\text{H}_2\text{O}$  (where HA-mineral acid) type Systems is plotted based on equilibrium data of the dissociation of aquahydroxyaluminium cations and the values of electroconductivity activation energy and viscosity. The driving force of condensation processes of aluminium- oxygen octahedra is expressed by the thermodynamic potentials per mole of water liberated during condensation. The simultaneous existence of various poly-condensation products in aqueous solutions of basic aluminium salts, the discrepancies in literature data available, as well as some peculiarities of the Systems discussed are explained by the small driving force and the presence of product transition activation energy.

Eine große Anzahl von Untersuchungen sind der Erforschung von Hydrolysen- und Kondensationsreaktionen mit der Beteiligung von Al-Kationen gewidmet. Der Struktur und Zusammensetzung nach wurden verschiedene polykernige Aquohydroxo-aluminium-Katione sowie unterschiedliche Existenzbedingungen beschrieben [1—10].

In der vorliegenden Arbeit wird die thermodynamische Möglichkeit für eine Kondensation der  $\text{AlO}_6$ -Oktaeder in wäßrigen Lösungen behandelt, d. h. die Herstellung eines Produktes mit der allgemeinen Formel  $[\text{Al}_x(\text{OH})_y (\text{H}_2\text{O})_{2(3x-y)}]^{(3x-y)+}$  bei der Hydrolyse der Hexaaluminiumkations  $[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$ . Es werden auch die kinetischen Grenzen dieser Prozesse im System  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -Mineralsäure- $\text{H}_2\text{O}$  besprochen. Der Einfluß der Anionen ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{ClO}_4^-$  u. a.) auf die Kondensation der entsprechenden basischen Salze in wäßrigen Lösungen ist von dem Kondensationsgrad bedingt [11].

Der quantitative Ausdruck der Möglichkeit für den Verlauf des Prozesses im System ist die Veränderung der freien Enthalpie ( $\Delta G$ ), die als charakteristische Zustandsfunktion eine der Masse proportionelle additive Größe darstellt [12]. Um die Kennzahlen für die  $\Delta G$ -Werte als Kriterium für die Triebkraft verschiedener Wechselwirkungen im System auszunutzen, ist es erforderlich die quantitativen Verhältnisse zwischen den Komponenten zu berücksichtigen, d. h. die Stöchiometrie der Reaktion zu kennen.

Als Maß für die Triebkraft der Polykondensationsprozesse von  $\text{AlO}_6$  Oktaedern nahmen wir den Wert von  $\Delta G^\circ$ , bezogen auf die Molzahl von Wasser ( $n$ ) bei der Bildung eines Mols des Produktes, bzw. auf die Molzahl des bei der Kondensation abgetrennten Wassers:

$$(1) \quad \Delta G^* = \Delta G^\circ/n, \text{ kcal/mol.}$$

Die  $\Delta G^\circ$ -Werte bestimmten wir nach den Kennzahlen für die Gleichgewichtskonstanten ( $K$ ) der entsprechenden Hydrolysen-(Kondensations)-reaktionen (Tabl. 1):

$$(2) \quad \Delta G^\circ = 1,363 \text{ p}K,$$

wobei —  $\Delta G = RT \ln K$ , bei  $T = 298^\circ\text{K}$ ,  $R = 1,987 \text{ cal/mol. grad}$ ,  $\text{p}K = -\lg K$  ist.

Die Veränderung der freien Enthalpie ( $\Delta G^\circ$ ) bei den Übergängen in festen Phasen wird nach folgender Gleichung bestimmt:

$$(3) \quad \Delta G_r^\circ = (\Sigma G_i^\circ)_{\text{Prod.}} - (\Sigma G_i^\circ)_{\text{Ausg.}}$$

Die Triebkraft der Kondensation ist in diesem Fall:

$$\Delta G^* = \Delta G_{\text{Al(OH)}_3}^* + \Delta G_r^\circ/n$$

Die nach Gleichungen 1—4 berechneten freien Enthalpien ( $\Delta G^\circ$  und  $\Delta G^*$ ) für die entsprechenden Hydrolysenreaktionen sind in Tabl. 1 wiedergegeben. Der komplizierte und vielweilige Einfluß verschiedener, einiger noch unbekannter Faktoren, auf den Zustand der behandelten Systeme erfordert eine für den Zweck unserer Untersuchungen geeigneten, den gleichzeitigen Einfluß aller Faktoren einschließende Größe. Ein allgemeiner Parameter des Systemzustandes ist das Atomverhältnis  $\text{O/Al} = M_0$  in den Kondensationsprodukten, gezeigt in Tabl. 1.

Aufgrund der Ergebnisse aus Tabl. 1 wurden folgende Abhängigkeiten aufgestellt:  $\text{p}K = f(M_0)$ ,  $\Delta G^\circ = f(M_0)$  und  $\Delta G^* = f(M_0)$  (Abb. 1). Es ist ersichtlich, daß die  $\text{p}K$ - und  $\Delta G^\circ$ -Werte während des Polykondensationsverlaufes der Molzahl von Wasser proportionell zunehmen (Kurve 1 und 2).

Die Triebkraft der Polykondensation wird mit der Abhängigkeit  $\Delta G^* = \Delta G^\circ/n = f(M_0)$  (Kurve 3) dargestellt. Der Ausdruck für diese Abhängigkeit — eine Kurve mit einem Minimum [15] ist für die Veränderung der Enthalpie bei der Veränderung der Zusammensetzung typisch. Im ganzen Existenzbereich der Polykondensationsprodukte ist die  $\Delta G$ -Veränderung gering, jedoch ist in breiten Grenzen  $\Delta G^* = 0$ . Das praktische Fehlen einer Triebkraft der Umwandlungsreaktionen eines Produktes im Existenzbereich wäßriger Lösungen von basischen Al-Salzen ( $\sim 3,5 < M_0 < 4,5$ ) bestimmt die Besonderheiten von Struktur und Eigenschaften. Für die Herstellung basischer Al-Salze ist ein Temperatur-, Kondensations- oder ein anderer Gradient notwendig, der die unvermeidliche Bildung in der Lösung von, den lokalen Parametern entsprechenden Produkten mit unterschiedlicher Zusammensetzung und Struktur bedingt. Infolge des Fehlens einer Polykondensationstriebkraft im breiten Bereich bei  $\Delta G^* \sim 0$  wird eine Vielfalt von Produkten, die nicht im Gleichgewichtszustand gebildet werden, auch nach Erreichen des Gleichgewichts erhalten.

Für alle Fälle, in denen  $\Delta G^* < 0$  ist, werden die Übergänge von einem Produkt zum anderen, bei geringen Unterschieden der  $\Delta G^*$ -Werte, von dem

Tabelle 1

Stadium	$\frac{\text{Mo}}{\text{Al}}$	Reaktion	pK -lgK	$\frac{\Delta G^\circ}{\text{Kcal}} \frac{\text{mol}}$	n	$\frac{\Delta G^\circ}{\text{Kcal}} \frac{\text{mol}}$	Lit.
I	6	$\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \{\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5\}^{2+} + \text{H}_3\text{O}^+$	4,95	6,747	1	6,747	17
		$\{\text{Al}^{3+} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \{\text{Al}(\text{OH})_2\}^+ + \text{H}^+\}$	5,03	6,856		6,856	7
		$\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} \rightleftharpoons \{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_5\text{OH}\}^{2+} + \text{H}^+\}$	5,10	6,953		6,953	18
II	5	$2\text{Al}^{3+} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons [\text{Al}_2(\text{OH})_2]^{4+} + 2\text{H}^+$	6,27	8,550	2	4,273	7
		$\{\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} \rightleftharpoons [\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]^{4+} + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}\}$ $\{\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5\}^{2+} + \{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} \rightleftharpoons [\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]^{4+} + \text{H}_3\text{O}^+ + \text{H}_2\text{O}$ $\{\{\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5\}^{2+} + \{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} \rightleftharpoons [\text{Al}_2(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_8]^{4+} + \text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}\}$	6,94	9,46		4,726	18
III	5	$[\text{Al}_x(\text{OH})_{(2x-2)}(\text{H}_2\text{O})_{(2x+4)}]^{(x+2)+}$ $[\text{Al}_x(\text{OH})_y(\text{H}_2\text{O})_{(3x-y)}]^{(2x-y)+}$					
IV	3						
V	3	$\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+$	9,1	12,4	3	4,134	7
		$\{\{\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6\}^{3+} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + 3\text{H}_2\text{O}\}$	9,66	13,17		4,367	20
		$\{\{\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5\}^{2+} \rightleftharpoons \text{Al}(\text{OH})_3 + 2\text{H}^+ + 2\text{H}_2\text{O}\}$					
		† in Lösung ‡ in fester Phase <sup>1</sup>					
VI	2	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} + 2\text{H}_2\text{O}$		1,56	2	5,030	21
	1,5	$\{\text{Al}(\text{OH})_3 \rightleftharpoons \text{AlOOH} + \text{H}_2\text{O}\}$		0,78	1	5,030	21
		$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$		4,243	3	5,665	21

<sup>1</sup>) Die Werte der freien Enthalpie der Bildung von Verbindungen aus Elementen ( $G_f^0$ ) sind nach [21] bestimmt:

	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{H}_2\text{O}$
$G_f^0, \frac{\text{kcal}}{\text{mol}}$ (298°K)	-104,030	-484,018	-628,188	-71,305

Vorhandensein einer Übergangsaktivierungsenergie ( $E_a$ ) begrenzt, deren Wert von der Viskosität [22] und der elektrischen Leitfähigkeit bestimmt wird. Auf Abb. 2 sind die Ergebnisse aus der Messung der spezifischen el. Leitfähigkeit der Lösungen aus basischem Aluminiumchlorid (BACH) mit folgender

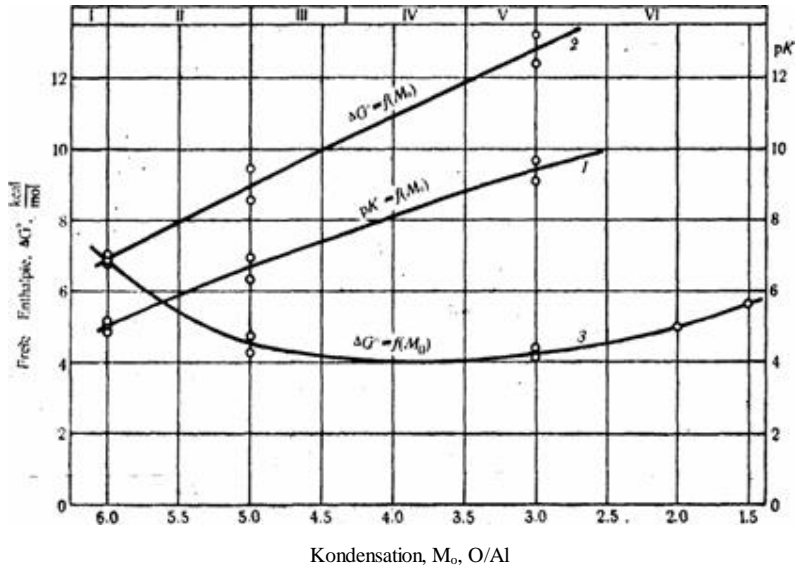


Abb. 1. Freie Enthalpie und pK-Werte in Abhängigkeit von der Basizität  $M_0$  (O/Al)

allgemeinen Formel wiedergegeben:  $mAl_2O_3 \cdot m'HCl \cdot 55,5H_2O$  bei  $m=0,5$  und „Basizität“  $M = m'/m = 0,8-2,7$ . Diese Lösungen werden aus basischem Aluminiumcarbonat (BAC), synthetisiert nach [16], in Salzsäure erhalten. Dargelegt werden die Werte der Aktivierungsenergie der el. Leitfähigkeit ( $E_x$ ) in Grenzen von 2, 16—3, 37 kcal/mol<sup>1</sup>, die aus der Neigung der entsprechenden Geraden (Arrhenius-Gleichung) bestimmt werden. Wie ersichtlich, ist die Veränderung der  $E_x$ -Werte im Existenzbereich der stark basischen BACH, ei einer wesentlichen Konzentrationsveränderung der HCl, gering, d. h. sie wird nicht von der Menge der den el. Strom übertragenden Ionen mit großer Beweglichkeit ( $H^+$  und  $Cl^-$ ) bestimmt. Folglich ist  $E_x$  die Energie, die für den Zerfall der Bindungen notwendig ist, die die Bewegung der den el. Strom übertragenden Ionen verhindert, bzw. den Zerfall der Strukturierung zwischen den Teilchen. Da die Lösungsstruktur als Ganzes von der Struktur der Produkte sowie von den entstehenden Bindungen (Teilchenstrukturierung) gleichzeitig bestimmt wird, müssen die Kondensationsprodukte, um als gesonderte Teilchen bestehen zu können, durch Bindungen von einer die Strukturierungsenergie übertreffenden Energie ( $E_\gamma$ ) sein. Folglich ist für den Kondensationsprozeß, der mit dem Zerfall der Bindungen verbunden ist, eine Energie  $E_a > E_\gamma$  notwendig.

<sup>1</sup> Die Absolutwerte von  $E_x$  für BACH-Lösungen sowie für basische Aluminiumnitrat und Aluminiumsulfatlösungen variieren in breiten Grenzen in Abhängigkeit von den Herstellungsbedingungen, der Konzentration u. a. Faktoren, bleiben jedoch immer höher als 2—3 kcal/mol. Von derselben Größenordnung ist die durch die Viskosität bestimmte [22] Aktivierungsenergie.

Aufgrund der Angaben für eine minimale energetische Barriere ( $E_a = E_\gamma$ ) und der Triebkraft der Kondensationsprozesse ( $\Delta G^*$ ) wurde das Diagramm

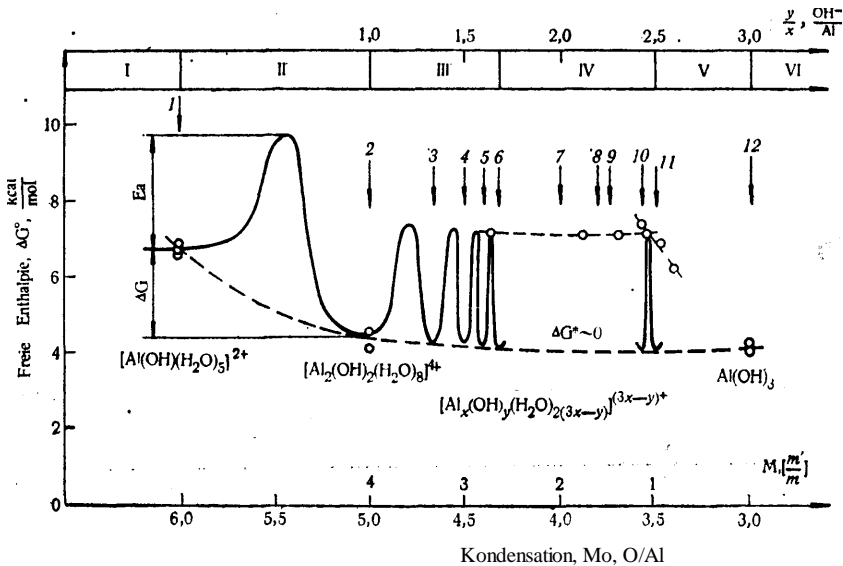


Abb. 2. Diagramm des Energieniveaus des Systems im Existenzbereich der wässrigen Lösungen

des energetischen Niveaus des Systems aufgestellt (Abb. 2). Auf dem Diagramm ist ein Teil der relativen energetischen Minima, die den Produkten mit unterschiedlicher Basizität entsprechen (bezeichnet mit 1—12) gezeigt. Es ist ersichtlich, daß mit dem Polykondensationsverlauf (bei  $M_0 < 5$ ) die Grenzen der relativen energetischen Minima enger werden. Die Vielzahl der relativen energetischen Minima, die den Produkten mit unterschiedlicher Basizität entsprechen, bestimmt den metastabilen Gleichgewichtszustand des Systems im ganzen Bereich von Existenzbedingungen. Aus diesem Grund können bei einem äußeren Einfluß auf das System sowohl reversible als auch irreversible Veränderungen in Abhängigkeit von der Größe des Einflusses und den übrigen Faktoren auftreten, die den Verlauf der Kondensationsprozesse regulieren. Da die Anzahl dieser Faktoren groß ist, ist es bei engen Grenzen der energetischen Minima praktisch unmöglich den Einfluß auf das System zwecks Gewinnung bestimmter Produkte mit höherer Basizität ( $M_0 < 5$ ) zu normieren. Damit könnte die Mannigfaltigkeit von Literaturangaben über die Herstellung von Kondensationsprodukten erklärt werden und nicht, wie üblich, mit dem langsamen Erreichen des Gleichgewichts [17].

Der Existenzbereich der Aquohydroxo-aluminium-Kationen ( $6 > M_0 > 3$ ) zerlegen wir bedingt in Stadien von I-VI.

Im Stadium I endet die Formierung des Produktes 7, im Stadium II geht es in das Produkt 2 über. Der Übergang von 1-2 ist von größter Triebkraft ( $\Delta G^* = 2,3$  kcal/mol), d. h. der Unterschied der Energieniveaus des Systems im Anfangs- und Endzustand ist für die Möglichkeit einer Normierung der Bedingungen für die praktische Realisierung ausreichend. Aus diesem Grund erhalten die verschiedenen Autoren ähnliche Ergebnisse.

Im Stadium III vertieft sich die Kondensation, die Triebkraft der Übergänge 2-3-6 ist wesentlich. Wir nehmen an, daß in Abwesenheit der Aktivierungsenergie ( $E_a$ )

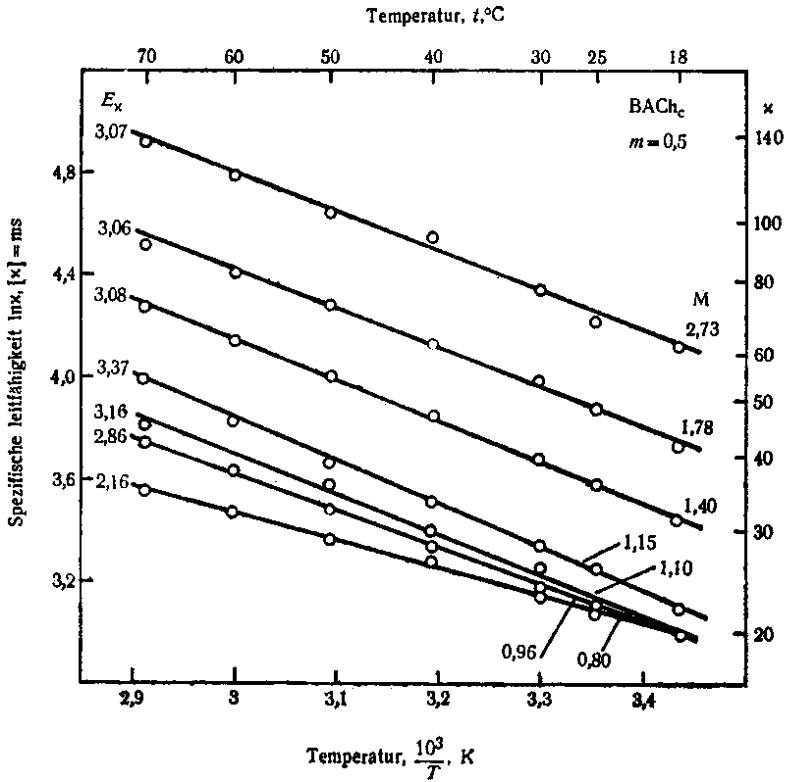


Abb. 3. Spezifische elektrische Leitfähigkeit der Lösungen aus BACH in Abhängigkeit von der Zusammensetzung und Temperatur

die Aufeinanderfolge der entsprechenden Übergänge wenig wahrscheinlich ist. In diesem Stadium wächst die Anzahl  $l$  der möglichen Kondensationsreaktionen wegen der großen Anzahl von verschiedenen Teilchen in der Lösung stark an.

Im Stadium IV  $\Delta G^* \sim 0$  ist die Mannigfaltigkeit von Produkten am größten, der Einfluß der verschiedenen Faktoren jedoch am stärksten.

Im Stadium V geht das Einphasen- in ein Zweiphasensystem über — es entstehen wenig lösliche Produkte.

Im Stadium VI verlaufen die Umwandlungen der festen Phasen.

Von besonderem theoretischen und physikalischen Interesse sind die Untersuchungen der Kondensationsprozesse und die im Stadium IV erhaltenen stark basischen Produkte ( $M_0=3,5-4,3$ ). Der Diagrammbereich der Energiezustände des Systems (Abb. 4) zeigt auch einige in der Literatur beschriebenen Aquohydroxoaluminium-Katione. Von großer Bedeutung sind Lösungen mit  $M_0=3, 5$  (Produkt 11) vor allem für eine breite und vielseitige Anwendung. Einzelnen Autoren nach hat dieses Produkt der Anzahl der Al-Atome nach eine unterschiedliche Zusammensetzung [7]. Aus dem Energiediagramm des Systems (Abb. 3 und 4) kann nicht berechnet werden, welche der angegebenen Zusammensetzungen den realen Teilchen in der Lösung entsprechen.

Die Ursache dafür ist, daß die durch  $M_0$ ,  $M$ ,  $y/x$  u. a. ausgedrückte Basizität eine relative Größe darstellt und keine Information über die absolute

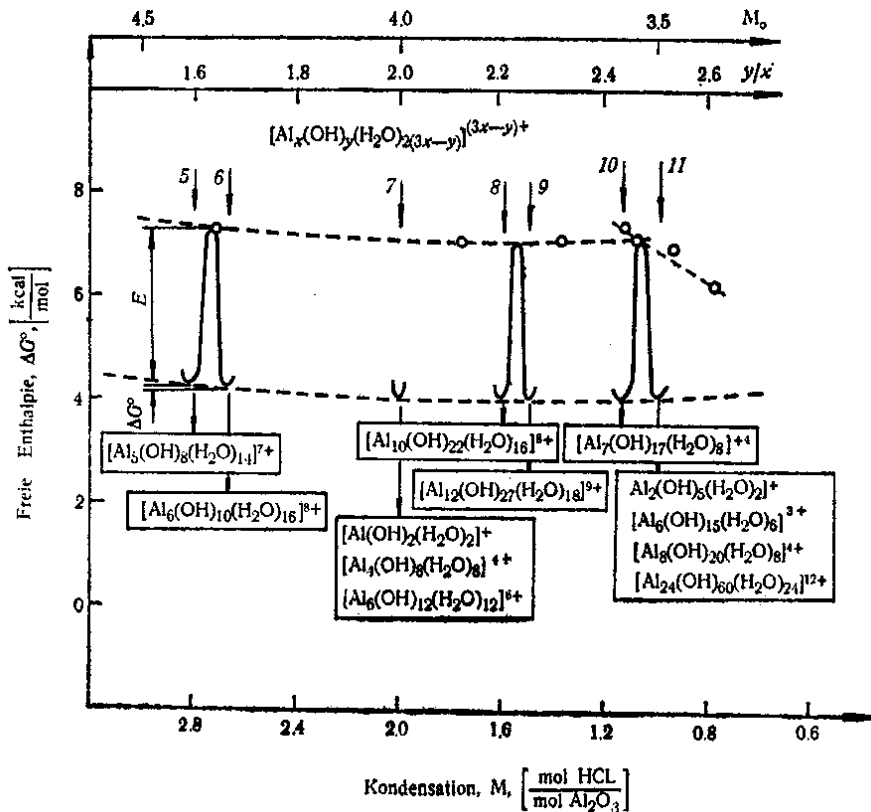


Abb. 4. Diagramm des Energieniveaus des Systems im Bereich der stark basischen Polykondensationsprodukte

Anzahl der Al-Atome ( $x$ ) im Kondensationsprodukt liefert. Den Ausführungen über den Charakter des Gleichgewichts in dem behandelten System und deren unbedingter Mikroheterogenität entsprechend, drücken die Größen  $M_0$ ,  $M$ ,  $y/x$  u. a. die entsprechenden Verhältnisse in einer homogenen, aus einer Art des Polykondensationsproduktes bestehenden Lösung aus. Das praktische Fehlen einer Triebkraft für die Polykondensationsreaktionen in einem sehr breiten Bereich sowie das Vorhandensein einer Energiebarriere für die Übergangsstadien, veranlaßt, uns anzunehmen, daß der das Makrosystem charakterisierende  $M_0$  — Wert nicht der Basizität der in der Lösung überwiegenden Produkten entspricht. So können, z. B., in einer Lösung mit der Basizität  $M_0=3, 5$ , dem Durchschnittswert für das Makrosystem, Teilchen mit einer Basizität in den Grenzen von  $2 < M < 5$  vorliegen, dagegen, je nach den Herstellungsbedingungen, solche mit  $M_0=3, 5$  wenig sein oder sogar vollständig fehlen.

Das Problem von der Art und den Ausmaßen der in der Lösung real bestehenden Teilchen muß demzufolge unter Berücksichtigung der Polykondensationsmöglichkeiten der  $AlO_6$  — Oktaeder, der Koordinationsstellen in der Struktur, die von Protonen besetzt werden können, der konkreten Herstellungsbedingungen sowie der Struktur der Ausgangsstoffe gelöst werden.

Diese Berücksichtigung ist auch wegen des niedrigen Energieniveaus des Systems, bzw. der Vergleichbarkeit der freien Enthalpie der Polykondensationsreaktion erforderlich. Die Werte der freien Enthalpie liegen in den Grenzen (4—5 kcal/mol) der Energie der Wasserstoffbindungen (in Wasser nach Pauling — 4, 5 kcal/mol). Der Einfluß der Faktoren auf die Netzbildung von Wasserstoffbindungen ist für die Strukturbildung in den behandelten Systemen bestimmend.

Die Anwendung von verschiedenen Untersuchungsmethoden für diese Systeme müßte unter Berücksichtigung eines jeden äußeren Einflusses auf die Netze aus Wasserstoffbindungen erfolgen. Die möglichen wesentlichen Veränderungen der Art und der Teilchenstruktur bei einer jeden Verdünnung, Einengung, Zugabe von Reagenzien, sogar in unwesentlichen Mengen, sind zu berücksichtigen. Andererseits müßte die Energiezufuhr im System, einschließlich bei mechanischer Einwirkung in Kauf genommen werden.

#### LITERATUR

1. Kohlschütter, H. W., P. Hantelman, *Z. anorg. allg. Chem.*, **248**, 3319 (1941).
2. Denk, G., L. Bauer, *Z. anorg. allg. Chem.*, **267**, 89 (1951).
3. Lepin, K., A. Vaivade, *Zhur. Phis. Chim.*, **27**, 217 (1958).
4. Aveston, J., *J. Chem. Soc.*, 4438 (1965).
5. Zlateva, I., D. Trendafilov, G. S. Nikolov, *Comm. Depf. Chem. BAS*, **8**, 433 (1975).
6. Басов, В.П., А. П.Шутко, *ДАН СССР*, **230**, (N3 3), 599 (1976).
7. Бабенков, Е. Д., Очистка воды коагулянтами, Наука, М., 1977, Стр. 83.
8. G a s n e r, W., M. V i n z e r, *Z. anorg. allg. Chem.*, **452**, 151 (1979).
9. S c h ö n h e r r, S., H. P. F r a g, *Z. anorg. allg. Chem.*, **452**, 167 (1979).
10. Страхов И. П. и др., Химия и технология кожи и меха, Легкая индустрия, М, 1979, стр. 152.
11. Dobrev,Chr., D.Trendafilov, P.Dobrova, Freib. Forsch.-H. S. 653, VEB Deutscher Verlag Für Grundstoffindustrie, 1981 S. 129.
12. Вукалович, М. П., И. И. Новиков. Термодинамика, Машиностроение, М, 1972, стр. 105.
13. Бабушкин, В. И., и др., Термодинамика силикатов, Литература по строительству, М, 1972, стр. 67.
14. У р у с о в, В. С., Энергетическая Кристаллохимия, Наука, М, 1975.
15. А н о с о в, В.Я., М. И. Озерова, Ю. Я. Фиалкова, Основы физико -химического анализа, Наука, М, 1976, стр. 74.
16. Трендафелов, Д., Хр. Добрев, П. Добрева, Др. Спасов, Авт. свид. НРБ №28478/1976.
17. К о т о н, Ф., Дж. Уилкинсон, Съвременна неорганична химия, Наука и изкуство, София, 1977, Т. 2, стр. 284.
18. Кемпбел, Дж., Современная общая химия, МИР, М, 1975, т. 2 стр. 44.
19. Turner, R. C., *Can. J. Chem.*, **53**, 2811 (1975).
20. Зеликман, А. Н., и др., Теория гидрометаллургических процессов, Metallurgia, М, 1975, стр. 82.
21. Barin, I., O. Knacke, O. Kubaschewski, *Therm. Prop. Inorg. Subst.*, Springer-Verlag, 1977.
22. D o b r e v, C h r., P. D o b r e v a, *Rheol. acta*, **22**, 237 (1983).



# ЕНЕРГЕТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА НА КОНДЕНЗАЦИЯТА НА АЛУМИНИЕВИ КАТИОНИ ВЪВ ВОДНИ РАЗТВОРИ

Хр. Добрев

*Централна лаборатория по физико-химическа механика при БАН, София 1040*

Постъпила на 29. 03. 1983

(Р е з ю м е)

По данни за равновесието при дисоциацията на аквохидроксоалуминиевите катиони и активиращата енергия на електропроводността и вискозитета в системи от вида:  $A_2O_3-HA-H_2O$  (където  $HA$  — минерална киселина) е построена диаграма на енергетичното ниво на системата. Движещата сила на процесите на кондензация на алуминиево-кислородните октаедри е изразена чрез термодинамичните потенциали, отнесени към мол вода, отделена при кондензацията. С малката стойност на движещата сила и наличието на активираща енергия на прехода от един продукт в друг се обяснява едновременното съществуване на различни поликондензационни продукти във водните разтвори на основните алуминиеви соли и различията в литературните данни по изучаването им, както и някои особености на разглежданите системи.