The adsorption of gold(I) hydrosulphide complexes by iron sulphides

Doctoral Thesis**Author(s):**

Widler, Andreas M.

Publication date:

1999

Permanent link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-003881069>

Rights / license:

In Copyright - Non-Commercial Use Permitted

Diss. ETH Nr. 13'384

THE ADSORPTION OF GOLD(I) HYDROSULPHIDE COMPLEXES BY IRON SULPHIDES

A dissertation submitted to the
Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETHZ)

for the degree of
Doctor of Natural Sciences

presented by

Andreas M. Widler
Dipl. Natw. ETH Zürich
born Dec. 16th, 1967
citizen of Zürich (ZH) and Bischofszell (TG)

accepted on the recommendation of:

Prof. Dr. Terry M. Seward	examiner
Prof. Dr. Larry W. Diamond	co-examiner
Dr. Richard A. D. Patrick	co-examiner

December 1999

ABSTRACT

The adsorption of gold by pyrite, pyrrhotite and mackinawite from solutions containing up to 40mg/kg (8 μ m) gold as hydrosulphidogold(I) complexes has been measured over the pH range from 2 to 10 at 25°C and at 0.10m ionic strength (NaCl, NaClO₄).

The pH of point of zero charge, pH_{pzc}, has been determined for all three iron sulphides and shown to be 2.4, 2.7 and 2.9 for pyrite, pyrrhotite and mackinawite, respectively. In solutions containing hydrogen sulphide, the pH_{pzc} is reduced to values below 2. The surface charge for each sulphide is therefore negative over the pH range studied in the adsorption experiments. Adsorption varied from 100% in acid solutions having pH < 5.5 (pyrite) and pH < 4 (mackinawite and pyrrhotite). At alkaline pH's (e.g. pH = 9), the pyrite surface adsorbed 30% of the gold from solution whereas the pyrrhotite and mackinawite surfaces did not adsorb.

The main gold complex which is adsorbed is AuHS° as may be deduced from the gold speciation in solution in combination with the surface charge. The adsorption of the negatively charged Au(HS)₂⁻ onto the negatively charged sulphide surfaces is not favoured.

The X-ray photoelectron spectroscopic (XPS) data revealed different surface reactions for pyrite and mackinawite surfaces. While no change in redox state of adsorbent and adsorbate was observed on pyrite, a chemisorption reaction has been determined on mackinawite leading to the reduction of the gold(I) solution complex to metallic gold and to the formation of surface polysulphides.

The data indicate that the adsorption of gold complexes onto iron sulphide surfaces such as that of pyrite is an important process in the "deposition" of gold from aqueous solutions over a wide range of temperature and pressure.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Adsorption von Gold durch Pyrit, Pyrrhotin und Mackinawit aus Lösungen mit Konzentrationen bis zu 40mg/kg Gold in Form von Gold(I) Schwefelwasserstoffkomplexen wurde über den pH-Bereich von pH 2 bis pH 10 bei 25°C und einer Ionenstärke von 0.10m (NaCl, NaClO₄) bestimmt.

Der pH des „Point-Of-Zero-Charge“ der Eisensulfide konnte als 2.4, 2.7 und 2.9 für Pyrit, Pyrrhotin und Mackinawit bestimmt werden. Ist die Lösung angereichert an Schwefelwasserstoff, so sinkt der pH des „Point-Of-Zero-Charge“ auf einen Wert kleiner 2. Die Oberflächenladung der Sulfide ist folglich über den ganzen pH-Bereich der Adsorptionsexperimente negativ.

Das Adsorptionsverhalten von dem Eisendisulfid Pyrit unterscheidet sich von dem der Eisenmonosulfide Pyrrhotin und Mackinawit. Die Adsorption ist maximal bei tiefem pH und nimmt oberhalb von pH 4 für Pyrrhotin und Mackinawit und oberhalb von pH 5.5 für Pyrit ab. Währenddem die Adsorption von Pyrrhotin und Mackinawit innerhalb von wenigen pH Einheiten auf null sinkt, beträgt sie im Falle von Pyrit bei pH 9 und oberhalb noch immer 30%.

Die Adsorption von Gold ist bei tiefem pH maximal, wie auch der Anteil des neutralen AuHS⁰ Komplexes in der Lösung, deshalb lässt sich schliessen, dass dieser bevorzugt adsorbiert wird, zumal die anderen Gold (I) Lösungskomplexe (Au(HS)₂⁻ und Au₂S₂²⁻) wie die Mineraloberflächen negativ geladen sind und sich dementsprechend abgestossen.

Die Oberflächenreaktionen wurden mit der Röntgenphotoelektroenspektroskopie bestimmt. Im Falle von Pyrit konnte keine Änderung des Oxidationszustandes der Mineraloberfläche und des aus der Lösung adsorbierten Goldkomplexes festgestellt werden. Bei Mackinawit zeigte es sich, dass das Gold(I) der Lösung mit der Mineraloberfläche reagierte und bei einer Redoxreaktion metallisches Gold und Polysulfide an der Mineraloberfläche entstanden sind.

Die Resultate weisen darauf hin, dass die Adsorption von Gold(I) Schwefelwasserstoffkomplexen durch die Oberflächen von Eisensulfiden, wie die von Pyrit, einen bedeutenden Prozess in der Anreicherung von Gold aus wässrigen Lösungen über einen grossen Druck- und Temperaturbereich darstellen.