

GMELIN HANDBUCH DER ANORGANISCHEN CHEMIE

8. AUFLAGE

BLEI

TEIL A2b

VORKOMMEN

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

Main Series, 8th Edition

Blei

Teil A 2b

Magmatische Abfolge

Mit 6 Figuren

HAUPTREDAKTEUR
(EDITOR IN CHIEF)

Isa Kubach

BEARBEITER
(AUTHORS)

Winfried Hoffmann, Isa Kubach, Wolfgang Müller,
Peter Schubert, Wolfgang Töpfer

REDAKTEURE (EDITORS)

Isa Kubach, Wolfgang Müller, Wolfgang Töpfer

System-Nummer 47



Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1977

ENGLISCHE FASSUNG DER STICHWÖRTER NEBEN DEM TEXT:

ENGLISH HEADINGS ON THE MARGINS OF THE TEXT:

H. J. KANDINER, SUMMIT, N. J.

DIE LITERATUR IST BIS ENDE 1976 AUSGEWERTET,
IN MANCHEN FÄLLEN DARÜBER HINAUS

LITERATURE CLOSING DATE: UP TO END OF 1976,
IN SOME INSTANCES MORE RECENT DATA HAVE BEEN CONSIDERED

Die vierte bis siebente Auflage dieses Werkes erschien im Verlag von
Carl Winter's Universitätsbuchhandlung in Heidelberg

Library of Congress Catalog Card Number: Agr 25-1383

ISBN 3-540-93024-8 Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg · New York
ISBN 0-387-93024-8 Springer-Verlag, New York · Heidelberg · Berlin

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. im Gmelin Handbuch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, daß solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdruckes, der Entnahme von Abbildungen, der Funksendung, der Wiedergabe auf photomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten.

Printed in Germany.—All rights reserved. No part of this book may be reproduced in any form—by photoprint, microfilm, or any other means—without written permission from the publishers.

© by Springer-Verlag, Berlin · Heidelberg 1977

LN-Druck Lübeck

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

Main Series, 8th Edition

Bisher erschienene Bände zu „Blei“ (Syst.-Nr. 47)
Volumes published on "Lead" (Syst.-No. 47)

Blei A 1

Geschichtliches – 1973

Blei A 2a

Kosmochemie. Kreislauf. Kristallchemische Grundlagen. Isotopengeochemie. Geochemischer Charakter und Häufigkeit – 1976

Blei A 2b

Magmatische Abfolge – 1977 (vorliegender Band)

Blei A 2c

Sedimentäre Abfolge. Metamorphe Abfolge. Hydrosphäre. Atmosphäre – 1975

Blei A 3

Mineralien. Lagerstätten (Wirtschaftliches. Europa) – 1972

Blei A 4

Lagerstätten (Afrika, Sowjetunion, Asien, Australien und Ozeanien, Arktis und Amerika) – 1972

Blei B 1

Element (außer Elektrochemisches Verhalten) – 1972

Blei B 2

Element (Elektrochemisches Verhalten) – 1972

Blei C 1

Metallurgie des Bleis. Verbindungen bis Blei und Chlor – 1969

Blei C 2

Verbindungen von Blei und Brom bis Blei und Kohlenstoff – 1969

Blei C 3

Verbindungen von Blei und Silicium bis Blei und Radium – 1970

Blei C 4

Schluß der Verbindungen. Koordinationsverbindungen. Ligandenregister. Sachregister für Teil C – 1971

Gmelin Handbuch der Anorganischen Chemie

BEGRÜNDET VON

Leopold Gmelin

Achte völlig neu bearbeitete Auflage

ACHTE AUFLAGE

**begonnen im Auftrage der Deutschen Chemischen Gesellschaft
von R. J. Meyer**

E. H. E. Pietsch und A. Kotowski

fortgeführt von

Margot Becke-Goehring

HERAUSGEGEBEN VOM

Gmelin-Institut für Anorganische Chemie

der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften



**Springer-Verlag
Berlin · Heidelberg · New York 1977**

Gmelin-Institut für Anorganische Chemie
der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften

KURATORIUM (ADVISORY BOARD)

Dr. J. Schöafhausen, Vorsitzender (Hoechst AG, Frankfurt/Main-Höchst), Dr. G. Breil (Ruhrchemie AG, Oberhausen-Holtent), Prof. Dr. R. Brill (Lenggries), Dr. G. Broja (Bayer AG, Leverkusen), Prof. H. J. Emeleus, Ph. D., D. Sc., FRS (University of Cambridge), Prof. Dr. G. Fritz (Universität Karlsruhe), Prof. Dr. E. Gebhardt (Max-Planck-Institut für Metallforschung, Stuttgart), Prof. Dr. W. Gentner, (Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg), Prof. Dr. Dr. E.h. O. Glemser (Universität Göttingen), Prof. Dr. Dr. E.h. O. Haxel (Heidelberg), Prof. Dr. Dr. E.h. H. Hellmann (Chemische Werke Hüls AG, Marl), Prof. Dr. R. Hoppe (Universität Gießen), Stadtkämmerer H. Lingnau (Frankfurt am Main), Prof. Dr. R. Lüst (Präsident der Max-Planck-Gesellschaft, München), Prof. Dr. E. L. Muetterties (Cornell University, Ithaca, N.Y.), Prof. Dr. H. Schäfer (Universität Münster)

DIREKTOR

Prof. Dr. Dr. E.h. Margot Becke

LEITENDE MITARBEITER (SENIOR MANAGEMENT)

Dr. W. Lippert, Stellvertretender Direktor

Dr. K.-C. Buschbeck, Ständiger Hauptredakteur

HAUPTREDAKTEURE (EDITORS IN CHIEF)

Dr. H. Bergmann, Dr. H. Bitterer, Dr. H. Katscher, Dr. R. Keim, Dipl.-Ing. G. Kirschstein, Dipl.-Phys. D. Koschel, Dr. U. Krüerke, Dr. I. Kubach, Dr. H. K. Kugler, Dr. E. Schleitzer-Rust, Dr. A. Slawisch, Dr. K. Swars, Dr. R. Warncke

MITARBEITER (STAFF)

Z. Amerl, D. Barthel, I. Baumhauer, R. Becker, Dr. K. Beeker, Dr. W. Behrendt, Dr. L. Berg, Dipl.-Chem. E. Best, Dipl.-Phys. E. Bienemann, M. Brandes, E. Brettschneider, E. Cloos, Dipl.-Phys. G. Czack, I. Deim, L. Demmel, Dipl.-Chem. H. Demmer, R. Dombrowsky, Dipl.-Chem. A. Drechsler, Dipl.-Chem. M. Drösmar, I. Eifler, M. Engels, V.-F. Fabrizek, Dr. H.-J. Fachmann, I. Fischer, J. Füssel, Dipl.-Ing. N. Gagel, Dipl.-Chem. H. Gedschold, E. Gerhardt, Dipl.-Phys. D. Gras, Dr. V. Haase, H. Hartwig, B. Heibel, Dipl.-Min. H. Hein, G. Heinrich-Sterzel, H. W. Herold, U. Hettwer, Dr. I. Hinz, Dr. W. Hoffmann, Dipl.-Chem. K. Holzapfel, Dr. L. Iwan, Dr. W. Kästner, E.-M. Kaiser, Dipl.-Chem. W. Karl, H.-G. Karrenberg, Dipl.-Phys. H. Keller-Rudek, Dr. E. Koch, H. Koch, Dipl.-Chem. K. Koeber, H. Köppe, Dipl.-Chem. H. Köttelwesch, R. Kolb, E. Kranz, L. Krause, Dipl.-Chem. I. Kreuzbichler, Dr. P. Kuhn, M.-L. Lenz, Dr. A. Leonard, Dipl.-Chem. H. List, E. Meinhard, Dr. P. Merlet, K. Meyer, M. Michel, Dr. A. Mirtsching, K. Nöring, C. Pielenz, E. Preißer, I. Rangnow, Dipl.-Phys. H.-J. Richter-Ditten, Dipl.-Chem. H. Rieger, E. Rudolph, G. Rudolph, Dipl.-Chem. S. Ruprecht, Dipl.-Chem. D. Schneider, Dr. F. Schröder, Dipl.-Min. P. Schubert, Dipl.-Ing. H. Somer, E. Sommer, Dr. P. Stieß, M. Teichmann, Dr. W. Töpfer, Dr. B. v. Tschirschnitz-Geibler, Dipl.-Ing. H. Vanecek, Dipl.-Chem. P. Velić, Dipl.-Ing. U. Vetter, Dipl.-Phys. J. Wagner, R. Wagner, Dipl.-Chem. S. Wasch, Dr. G. Weinberger, Dr. H. Wendt, H. Wiegand, Dipl.-Ing. I. v. Wilucki, C. Wolff, K. Wolff, B. Wullert, Dr. A. Zelle, U. Ziegler, G. Zosel

FREIE MITARBEITER (CORRESPONDENT MEMBERS OF THE SCIENTIFIC STAFF)

Dr. A. Böhne, Dr. G. Hantke, Dr. L. Roth, Dr. K. Rumpf, Dr. U. Trobisch

AUSWÄRTIGE WISSENSCHAFTLICHE MITGLIEDER
(CORRESPONDENT MEMBERS OF THE INSTITUTE)

Prof. Dr. Hans Bock

Prof. Dr. Dr. Alois Haas, Sc. D. (Cantab.)

Prof. Dr. Dr. h.c. Erich Pietsch

Vorwort

Mit dem vorliegenden Band „Blei“ A 2b erscheint nach den 1976 bzw. 1975 erschienenen Bänden „Blei“ A 2a und A 2c der letzte Band der Lieferung A 2 und damit der letzte Band über das Vorkommen von Blei im Kosmos und auf der Erde.

Der Band „Blei“ A 2b umfaßt die gesamte Magmatische Abfolge mit ihren Abschnitten Orthomagmatische Phase, Pegmatite und Pneumatolyte, Hydrothermale Phase sowie Rezenther Vulkanismus.

In dem Abschnitt Orthomagmatische Phase wird die Frage nach der Herkunft von Blei — aus dem Erdmantel und/oder der Erdkruste — in Magmatiten von ozeanischen Rücken und Inseln, auf Inselbögen und innerhalb der Kontinente sowie in den mit ihnen verbundenen Erzlagerstätten behandelt. Zur Klärung dieser Probleme werden in zunehmendem Maße Pb-Isotopenzusammensetzungen und ihre Varianzen benutzt. Die Bindung von Blei an die Mineralien (darunter Galenit) der verschiedenen Magmatite, ferner die Bleigehalte von Standardgesteinen und aller Arten von magmatischen Gesteinen sind zusammengestellt und daraus Gesamtmittel für die großen Gesteinsgruppen und für alle Magmatite berechnet. Eine Übersicht über Arbeiten, die Blei-Isotopendaten von Magmatiten enthalten, schließt sich an. Das Verhalten von Blei im Verlauf der Magmendifferentiation und bei der Assimilation, ferner seine Beziehungen zu den Hauptelementen Si und K sowie zu einigen Spurenelementen werden ausführlich beschrieben und durch Histogramme ergänzt.

In den Abschnitten Pegmatite, Pneumatolyte und Hydrothermale Phase werden die Art des Auftretens von Blei in Pegmatiten und hydrothermalen Mineralisationen in Form eigener Mineralien oder als Fremdkomponente in Nichtbleimineralien, ferner seine Herkunft und sein Transport in Lösungen sowie die geologischen und physikochemischen Bedingungen, die zur Bildung von Pb-haltigen Mineralien führen, beschrieben. Dabei nehmen in der Hydrothermalen Phase der Vergleich hydrothermalen Lösungen mit Thermalquellen und fluiden Einschlüssen neben den Untersuchungen zur Abscheidung von Galenit und von Komplexen Sulfiden mit Blei sowie über deren Stabilitätsbereiche einen weiten Raum ein.

Als für vulkanische Exhalationen typisches Element wird Blei in Fumarolenprodukten in eigenen Mineralien abgeschieden, die z.T. durch hohe Radioaktivität charakterisiert sind. In dem letzten Abschnitt dieses Bandes — Rezenther Vulkanismus — werden daher die Ursachen für diese Radioaktivität und quantitative Angaben über Gehalte von Pb und ^{210}Pb in vulkanischen Absätzen aufgeführt.

Frankfurt/Main, Oktober 1977

Isa Kubach

Preface

The present volume "Lead" A 2b—which follows "Lead" A 2a and A 2c, published in 1976 and 1975, respectively—is the final volume of Section A 2, and thus concludes the treatment of the terrestrial and cosmic occurrence of lead.

The volume "Lead" A 2b covers the total magmatic cycle, and has chapters dealing with the orthomagmatic phase, pegmatites and pneumatolytes, the hydrothermal phase, and recent volcanism.

The orthomagmatic phase chapter covers questions dealing with the origin of lead—whether from the mantle or the crustal layer of the Earth—in the magmatites of oceanic ridges and islands, in island arcs, and within the continents. The origin of lead in deposits in all of these locations is discussed, too. Pb isotope compositions and their variations are used to an increasing extent for clarification of these problems. The type of occurrence of lead in the various magmatic rocks is covered. Data on the lead content of standard rocks and of all types of magmatic rocks are collected, and overall averages are calculated for the lead content of the major rock groups and for all of the magmatites. A review is included covering studies on lead isotope data in the magmatites. The behavior of lead during the course of magmatic differentiation, and during assimilation, is discussed in detail, as is also its relationship to the main elements Si and K as well as to certain trace elements. The latter is illustrated by numerous histograms.

The pegmatite, pneumatolyte, and hydrothermal phase chapters cover the nature of the occurrence of lead in pegmatites and in hydrothermal mineralizations—as specific lead minerals or as a foreign component in non-lead minerals. In addition, its occurrence and transport in solution, as well as the geological and physicochemical conditions which lead to the formation of lead-containing minerals are also discussed. Considerable space is devoted in the treatment of the hydrothermal phase to a comparison of hydrothermal solutions with thermal springs and liquid inclusions. Studies on the deposition of galena and of complex lead sulfides, together with their stability ranges, are included.

As an element typical of volcanic exhalations, lead occurs in lead minerals among the fumarole products; these are in part characterized by high radioactivity. The causes of this radioactivity are explored in the final chapter of this volume, recent volcanism, and quantitative data are presented on the Pb and ^{210}Pb content of volcanic deposits.

Frankfurt/Main, October 1977

Isa Kubach

Inhaltsverzeichnis

(Table of Contents see page V)

	Seite
2.4 Lithosphäre	1
2.4.1 Magmatische Abfolge	1
Orthomagmatische Phase	1
Herkunft von Blei in Magmen und in magmatischen Erzlagerstätten	1
Überblick	1
Art des Auftretens und Verteilung von Blei in Magmen	2
Blei in den Magmen mittelozeanischer Rücken und ozeanischer Inseln	6
Herkunft, Art der Mantel-Heterogenitäten	6
Art des Auftretens von Blei im Herkunftsmaterial	8
Verhalten von Blei bei Schmelzprozessen im Erdmantel	9
Beispiele für die Blei-Entwicklung in ozeanischen Magmen	12
Hydrothermale Einflüsse auf ozeanische Magmatite, Submarine Solen über Bruchzonen	15
Blei in Magmen der Inselbögen und Kontinentränder	17
Herkunft und Entwicklung	17
Beispiele für Magmen von Inselbögen und an Kontinenträndern des Atlantik und Pazifik	19
Junge Inselbögen im Westpazifik ohne Kontinenteinfluß	26
Innerkontinentale Inselbögen in Europa und Afrika	27
Bleierzbildungen in Verbindung mit Inselbogen-Vulkanismus und an Kontinenträndern	29
Überblick	29
Herkunft und Abscheidung von Blei in stratiformen Lagerstätten	
im Bereich von Inselbögen	30
Metallzonen mit Blei und anderen Metallen parallel Kontinenträndern	32
Homogenität der Pb-Isotopen in stratiformen Lagerstätten	33
Beispiele für Pb-Lagerstätten des Inselbogen-Vulkanismus und an Kontinenträndern	34
Blei in kontinentalen Magmen	40
Blei in kontinentalen Basaltmagmen	40
Blei in sauren und einigen anderen kontinentalen Magmen	42
Blei in alkalibetonen kontinentalen Magmen sowie in Carbonatiten und Kimberliten	47
Herkunft von Blei kontinentaler Bleilagerstätten	49
Art des Auftretens von Blei in magmatischen Gesteinen	51
Überblick	51
Hauptgemengteile als Pb-Träger	52
Akzessorien als Pb-Träger	55
Pb in gesteinsbildenden Mineralien in Abhängigkeit von der Genese der Gesteine	58
Pb in gesteinsbildenden Mineralien in Abhängigkeit vom Pb-Gehalt der Wirtsgesteine	61
Verteilung von Pb-haltigen Mineralien und von Galenit in Einzelgesteinen, Gesteinsmassiven und Differentiationsserien	64
Ultrabasische und basische Gesteine der Kalkalkalireihe	64
Foidite	66
Carbonatite	67
Intermediäre Gesteine	68
Granitische Gesteine	70
Europa	70
Europäischer Teil der Sowjetunion	71

	Seite
Mittelasien	72
Sibirien	74
Transbaikalien und Ferner Osten	74
Afrika. Australien. Nordamerika	77
Quantitative Verteilung von Pb auf die Mineralien von Gesteinsmassiven und Differentiationsserien	78
Blei-Gehalte in Standardgesteinen	80
Blei-Gehalte in den Gesteinen der magmatischen Gesteinsfamilien	84
Ultrabasite und Carbonatite	84
Gabbros und ihre Ganggesteine sowie Basalte	87
Europa	87
Sowjetunion	89
Indien, Japan, Neuseeland und Australien	91
Afrika	93
Amerika	93
Atlantischer, Pazifischer und Indischer Ozean	95
Foidite und Melilithite	96
Dioritische Gesteine. Anorthosite	98
Gabbrodiorite, Diorite, Porphyrite und Lamprophyre	98
Andesite und Mugearite	100
Anorthosite	103
Monzonitische Gesteine	103
Syenitische Gesteine	105
Granitische Gesteine	106
Granitische Tiefengesteine: Granite (einschließlich Alaskite, Rapakiwi und Granophyre), Quarzmonzonite, Granodiorite, Quarzdiorite, Trondhjemite und Tonalite (einschließlich Adamellite)	107
Granitische Effusiva und Ganggesteine	110
Gesamtmittel von Blei für alle Magmatite und Bleigehalte in größeren Gesteinsgruppen	115
Zusammenstellung von Literatur mit Angaben über Pb-Isotopenverhältnisse	116
Verhalten von Blei bei der Differentiation	126
Liquide Entmischung	126
Kristallisationsdifferentiation	127
Einfluß geochemischer und geologischer Faktoren auf das Verhalten von Blei bei der Magmenerstarrung	127
Verhalten von Blei in Differentiationsserien	129
Quantitative Angaben für Pb in Gesteinsmassiven und Differentiationsserien	133
Intrusiv- und Intrusiv-Effusiv-Serien mit ultrabasischen und basischen Anfangsgliedern	134
Effusivserien mit basischen Erstgliedern	136
Tholeiitische und alkalische Basaltserien	138
Serien mit Foiditen und Alkalisyeniten	140
Serien mit dioritisch-andesitischen Gesteinen als Anfangsgliedern	143
Intrusivserien mit Quarzdioriten und Granodioriten als Anfangsglieder	144
Granitische Intrusiv- und Effusivserien	146
Verhalten von Blei in Magmatiten gegenüber anderen Elementen	147
Beziehungen von Blei zu SiO_2 in Magmatiten	147
Beziehungen von Blei zu Kalium in Magmatiten	151
Beziehungen von Blei zu weiteren Elementen	155
Allgemeines	155

Blei und Barium	157
Blei und Strontium	158
Blei und Rubidium	159
Blei und Thallium	160
Blei und Zink	161
Beziehungen von Blei zu Uran und Thorium	161
Verhalten von Blei bei der Assimilation	165
Allgemeines	165
Verhalten von Blei im Endokontakt	166
Hybridisierung von Gesamtintrusionen	166
Einfluß des assimilierten Materials auf das Verhalten von Blei	167
Lagerstättenbildung als Folge von Pb-Assimilation	167
Pegmatite. Pneumatolyte.	169
Allgemeines	169
Art des Auftretens und Verteilung von Blei	169
Blei in Pegmatit-Mineralien	170
Verteilung von Blei zwischen verschiedenartigen Mineralien	172
Art der Bindungsformen von Blei in Pegmatit-Mineralien	173
Höhe der Blei-Gehalte in Pegmatiten	175
Herkunft und Transport von Blei	178
Pegmatitmagmen	178
Metasomatische Fluide	179
Verhalten von Blei bei der Pegmatitbildung	181
Verhalten von Blei bei der Differentiation von nicht-zonaren Pegmatiten und Beziehungen von Blei in Pegmatiten zu Blei in ihren Muttergesteinen	181
Verhalten von Blei in zonaren Pegmatiten	183
Verhalten von Blei bei autometasomatischen und hydrothermalen Umwandlungen im Gefolge der Differentiation	185
Beziehungen von Blei zu seltenen Alkalien, Thallium und anderen Elementen	186
Verhalten von Blei am Kontakt von Pegmatiten, Abgabe und Zufuhr	188
Pneumatolyte	189
Pneumatolytische Blei-Abscheidung	189
Pneumatolytische Erzbildungsprozesse mit Blei	190
Blei in der hydrothermalen Phase	192
Herkunft von Blei und Beziehungen von Blei-Mineralisationen zum Magma	192
Herkunft	192
Allgemeines	192
Direkt magmatische Herkunft von Blei	192
Indirekt magmatische Herkunft von Blei	195
Tiefenzirkulation und Auslaugung von Blei aus dem Nebengestein	195
Mobilisierung von Blei aus älteren Blei-Erzen und aus dem Blei-Gehalt anderer Erze	199
Beziehungen von Blei-Mineralisationen zu Magmatiten	200
Bildungstiefe der Blei-Mineralisation und Größe des magmatischen Komplexes	200
Chemismus der Magmatite	201
Blei-Lagerstätten und Blei-Gehalt gesteinsbildender Mineralien benachbarter Magmatite	203
Grundlagen für das Auftreten von Blei in hydrothermalen Lösungen	205
Geothermalsolen und fluide Einschlüsse	205

	Seite
Physikochemische Eigenschaften hydrothermaler Lösungen und ihr Einfluß auf Blei	210
Salinität	210
pH-Wert und Redoxpotential	211
Beziehungen von Blei zu Kalium, Natrium und Barium	212
Echte und kolloide Lösungen	213
Löslichkeit von Blei-Mineralien und Gesteinsblei	214
Transport von Blei in hydrothermalen Lösungen	220
Überblick	220
Transport freier Pb^{2+} -Ionen und der Einfluß Sulfat-haltiger Lösungen	221
Blei-Transport unter Komplexbildung	221
Blei-Komplexe mit Halogenen	221
Blei-Komplexe mit HCO_3^- und CO_3^{2-}	224
Komplexe mit Schwefel	225
Komplexe mit O und OH	227
Transport von Blei durch Diffusion in stehenden Lösungen	228
Stabilitätsbereiche und Abscheidung von Blei-Mineralien	229
Abscheidung von Galenit	229
Allgemeines und Herkunft des Schwefels	229
Einfluß von pH-Eh-Bedingungen auf die Galenit-Abscheidung	231
Einfluß von Temperatur und Druck auf die Galenit-Abscheidung	233
Galenit-Abscheidung durch Mischung verschiedenartiger Lösungen	234
Galenit-Abscheidung aus kolloiden Lösungen	236
Galenit-Abscheidung durch Zerfall fester Lösungen (Entmischung)	237
Galenit-Abscheidung durch Verdrängung anderer Mineralien	238
Sekundäre Galenit-Abscheidung mit umgelagertem und teilweise radiogenem Blei	239
Abscheidung weiterer Blei-Mineralien	241
Abscheidung von Gediegen Blei	241
Abscheidung von Clausthalit und selenreichem Galenit sowie Alait und Betehtinit	242
Abscheidung von Komplexen Sulfiden mit Blei	244
Abscheidung von Blei-Sulfostannaten	244
Abscheidung von Pb-Cu-Spießglanzen	245
Abscheidung von Pb-Ag-Spießglanzen	247
Abscheidung von Pb-As- und Pb-(As, Sb)-Spießglanzen	248
Abscheidung von Pb-Sb- und Pb-(Sb, As)-Spießglanzen	250
Abscheidung von Pb-Bi- und Pb-(Bi, Sb)-Spießglanzen	254
Abscheidung von Pb-Oxid, -Carbonat, -Sulfaten, -Silikaten und seltenen Pb-Mineralien mit As, Sb und V	258
Verhalten von Blei bei autometasomatischer Umwandlung von Magmatiten	259
Autometasomatische Umwandlung saurer bis intermediärer Magmatite	260
Autometasomatische Umwandlung basischer und ultrabasischer Magmatite	266
Autometasomatische Umwandlung alkalireicher Magmatite	267
Rezenter Vulkanismus	270
Herkunft von Blei in Fumarolenprodukten	270
Transport von Blei in Fumarolen und Bildungsbedingungen von Blei-Mineralien um Fumarolenausstritte sowie von Sublimationsprodukten und Thermalabsätzen mit Blei	270
Blei-Mineralien als Fumarolenprodukte und Pb-haltige Sublimate	271
Quantitative Angaben für Pb und ^{210}Pb in Fumarolenprodukten und Dampfkondensaten	272
Radioaktivität von Fumarolenprodukten und ihre Ursachen	274

Table of Contents

(Inhaltsverzeichnis s. S. I)

2.4 Lithosphere	1
2.4.1 Magmatic Cycle	1
Orthomagmatic Phase	1
Origin of Lead in Magmas and in Magmatic Ore Deposits	1
Review	1
Type of Occurrence and Distribution of Lead in Magmas	2
Lead in Magmas of Middle Ocean Ridges and Oceanic Islands	6
Origin. Type of Mantle Heterogeneities	6
Type of Occurrence of Lead in Source Material	8
Behavior of Lead in Melting Processes in the Mantle	9
Examples of Lead Development in Oceanic Magmas	12
Hydrothermal Influence on Oceanic Magmatites. Submarine Brines above Fracture Zones	15
Lead in Magmas of Island Arcs and on Continental Margins	17
Origin and Development	17
Examples for Magmas of Island Arcs and on Continental Margins of Atlantic and Pacific Oceans	19
Recent Island Arcs in the Western Pacific Ocean Remote from Continental Influence	26
Intracontinental Island Arcs in Europe and Africa	27
Lead Ore Formation in Connection with Island Arc Volcanism and on Continental Margins	29
Review	29
Source and Precipitation of Lead in Stratiform Deposits on and Near Island Arcs	30
Metal Zones with Lead and Other Metals Parallel to Continental Margins	32
Homogeneity of Pb Isotopes in Stratiform Deposits	33
Examples of Pb Deposits of Island Arc Volcanism and on Continental Margins	34
Lead in Continental Magmas	40
Lead in Continental Basaltic Magmas	40
Lead in Acid and Other Continental Magmas	42
Lead in Continental Alkali Magmas and in Carbonatites and Kimberlites	47
Source of Pb in Continental Lead Deposits	49
Type of Occurrence of Lead in Magmatic Rocks	51
Review	51
Main Constituents as Pb Carriers	52
Accessories as Pb Carriers	55
Dependence of Pb in Rock-Forming Minerals on Rock Genesis	58
Dependence of Pb in Rock-Forming Minerals on Pb Content of Country Rocks	61
Distribution of Pb-Containing Minerals and of Galena in Individual Rocks, Rock Massifs, and Differentiation Series	64
Ultrabasic and Basic Rocks of the Calc-Alkalic Series	64
Foidites	66
Carbonatites	67
Intermediary Rocks	68
Granitic Rocks	70
Europe	70
European Part of Soviet Union	71

	Page
Central Asia	72
Siberia	74
Transbaikalia and Far East	74
Africa, Australia, North America	77
Quantitative Distribution of Pb Among Minerals of Rock Massifs and Differentiation Series	78
Pb Content of Rock Standards	80
Pb Content of Rocks in Magmatic Rock Families	84
Ultrabasites, Carbonatites	84
Gabbros and Their Dike Rocks and Basalts	87
Europe	87
Soviet Union	89
India, Japan, New Zealand, Australia	91
Africa	93
America	93
Atlantic, Pacific, and Indian Oceans	95
Foidites and Melilitites	96
Dioritic Rocks, Anorthosites	98
Gabbrodiorites, Diorites, Porphyrites, Lamprophyres	98
Andesites and Mugearites	100
Anorthosites	103
Monzonitic Rocks	103
Syenitic Rocks	105
Granitic Rocks	106
Granitic Plutonic Rocks: Granites, Quartz Monzonites, Granodiorites, Quartz Diorites, Trondhjemites, and Tonalites	107
Granitic Effusiva and Dike Rocks	110
Total Average Lead Content for All Magmatites and Pb Content of Major Rock Groups	115
Compilation of Literature with Data on Pb Isotopic Ratios	116
Behavior of Lead in Differentiation	126
Liquid Segregation	126
Crystallization Differentiation	127
Influence of Geochemical and Geological Factors on Behavior of Lead in Magma Solidification	127
Behavior of Lead in Differentiation Series	129
Quantitative Data for Pb in Rock Massifs and Differentiation Series	133
Intrusive and Intrusive-Effusive Series with Ultrabasic and Basic Initial Members	134
Effusive Series with Basic Initial Members	136
Tholeiitic and Alkaline Basalt Series	138
Series with Foidites and Alkali Syenites	140
Series with Dioritic-Andesitic Rocks as Initial Members	143
Intrusive Series with Quartz Diorites and Granodiorites as Initial Members	144
Granitic Intrusive and Effusive Series	146
Behavior of Lead in Magmatites in Relation to Other Elements	147
Relationship between Lead and SiO_2 in Magmatites	147
Relationship between Lead and Potassium in Magmatites	151
Relationship between Lead and Other Elements	155
General	155

	Page
Lead and Barium	157
Lead and Strontium	158
Lead and Rubidium	159
Lead and Thallium	160
Lead and Zinc	161
Relationship between Lead and Uranium and Thorium	161
Behavior of Lead in Assimilation	165
General	165
Behavior of Lead in Endocontact Zones	166
Hybridization of Whole Intrusions	166
Influence of Assimilated Material on Behavior of Lead	167
Formation of Mineral Deposits as Result of Pb Assimilation	167
Pegmatites. Pneumatolytes	169
General	169
Type of Occurrence and Distribution of Lead	169
Lead in Pegmatite Minerals	170
Distribution of Lead among Various Minerals	172
Types of Lead Bonding in Pegmatite Minerals	173
Lead Content in Pegmatites	175
Origin and Transport of Lead	178
Pegmatite Magmas	178
Metasomatic Fluids	179
Behavior of Lead during Pegmatite Formation	181
Behavior of Lead during Differentiation of Nonzonal Pegmatites and Relationship between Lead in Pegmatites and Lead in Their Host Rocks	181
Behavior of Lead in Zonal Pegmatites	183
Behavior of Lead in Autometasomatic and Hydrothermal Transformations Resulting from Differentiation	185
Relationship between Lead and Rare Alkali Metals, Thallium, and Other Elements	186
Behavior of Lead at Pegmatite Contacts. Loss and Addition	188
Pneumatolytes	189
Pneumatolytic Lead Deposition	189
Pneumatolytic Ore Formation Processes with Lead	190
Lead in the Hydrothermal Phase	192
Origin of Lead and Relationship between Lead Mineralization and Magma	192
Origin	192
General	192
Directly Magmatic Origin of Lead	192
Indirectly Magmatic Origin of Lead	195
Deep Circulation and Leaching of Lead from Country Rocks	195
Mobilization of Lead from Older Lead Ores and from the Lead Content of Other Ores	199
Relationship between Lead Mineralization and Magmatites	200
Formation Depths of Pb Mineralization and Size of the Magmatic Complex	200
Chemism of Magmatites	201
Lead Deposits and Lead Content of Rock-Forming Minerals of Neighboring Magmatites	203
Fundamentals of Lead Occurrence in Hydrothermal Solutions	205
Geothermal Brines and Fluid Inclusions	205

	Page
Physicochemical Properties of Hydrothermal Solutions and Their Influence on Lead	210
Salinity	210
pH Value and Redox Potential	211
Relationship between Lead and Potassium, Sodium, and Barium	212
True and Colloidal Solutions	213
Solubility of Lead Minerals and Rock Lead	214
Transport of Lead in Hydrothermal Solutions	220
Review	220
Transport of Free Pb^{2+} Ions and the Influence of Solutions Containing Sulfate	221
Lead Transport via Complex Formation	221
Lead Complexes with Halogens	221
Lead Complexes with HCO_3^- and CO_3^{2-}	224
Complexes with Sulfur	225
Complexes with O and OH	227
Transport of Lead by Diffusion in Stagnant Solutions	228
Regions of Stability and Deposition of Lead Minerals	229
Deposition of Galena	229
General and Origin of Sulfur	229
Influence of pH and Redox Potential Conditions on Galena Deposition	231
Influence of Temperature and Pressure on Galena Deposition	233
Galena Deposition by Mixing Various Solutions	234
Galena Deposition from Colloidal Solutions	236
Galena Deposition by Decomposition of Solid Solutions (Exsolution)	237
Galena Deposition by Replacement of Other Minerals	238
Secondary Galena Deposition with Transferred and Partially Radiogenic Lead	239
Deposition of Other Lead Minerals	241
Deposition of Native Lead	241
Deposition of Clausthalite, Selenium-rich Galena, as well as Altaite and Betschminite	242
Deposition of Complex Sulfides with Lead	244
Deposition of Lead Sulfostannates	244
Deposition of Pb-Cu-"Spiessglanze"	245
Deposition of Pb-Ag-"Spiessglanze"	247
Deposition of Pb-As- and Pb-(As,Sb)-"Spiessglanze"	248
Deposition of Pb-Sb- and Pb-(Sb,As)-"Spiessglanze"	250
Deposition of Pb-Bi- and Pb-(Bi,Sb)-"Spiessglanze"	254
Deposition of Pb Oxide, Carbonate, Sulfates, Silicates, and Rare Pb Minerals with As, Sb, and V	258
Behavior of Lead in Autometasomatic Transformation of Magmatites	259
Autometasomatic Transformation of Acidic to Intermediary Magmatites	260
Autometasomatic Transformation of Basic and Ultrabasic Magmatites	266
Autometasomatic Transformation of Alkali-rich Magmatites	267
Recent Volcanism	270
Origin of Lead in Fumarolic Products	270
Lead Transport in Fumaroles and Formation Conditions of Lead Minerals around Mouths of Fumarole Vents and of Sublimation Products and Thermal Deposits with Lead	270
Lead Minerals as Fumarolic Products and Pb-Containing Sublimates	271
Quantitative Data for Pb and ^{210}Po in Fumarolic Products and Vapor Condensates	272
Radioactivity of Fumarolic Products and Its Causes	274