

Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae
Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft
Band: 87 (1994)
Heft: 3: Concepts and controversies in phosphogenesis : proceedings of the symposium and workshop held on 6-10 September 1993

Artikel: Phosphorite geochemistry : state-of-the-art and environmental concerns
Autor: Jarvis, Ian / Burnett, William C. / Nathan, Yaacon
Kapitel: Abstract = Zusammenfassung
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-167474>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Phosphorite geochemistry: State-of-the-art and environmental concerns

IAN JARVIS¹, WILLIAM C. BURNETT², YAAACON NATHAN³, FAYEZ S.M. ALMBAYDIN⁴,
ABDEL K.M. ATTIA⁵, LILIANA N. CASTRO⁶, RENÉ FLICOTEAUX⁷, M. EZZELDIM HILMY⁸,
VIQAR HUSAIN⁹, ABDEWAHAB A. QUTAWNAH⁴, AFAT SERJANI¹⁰ & YURI N. ZANIN¹¹

Key words: Phosphorite, phosphate, francolite, mineralogy, geochemistry, trace elements, REEs, stable-isotopes, Sr-isotopes, Nd-isotopes, uranium, diagenesis, palaeoceanography, environment, toxic metals, fertiliser, phosphogypsum, radionuclide

ABSTRACT

Major advances in our understanding of the genesis and diagenesis of marine phosphate deposits (phosphorites) have been made by recent geochemical studies. This work is reviewed and considered in relation to environmental issues arising from the exploitation of phosphorite deposits. Unaltered phosphorites contain francolite, a highly substituted carbonate fluorapatite, as the only phosphate mineral. It is the mineralogy of this phase, together with kinetic and thermodynamic factors, which govern many of the primary geochemical characteristics of phosphorites, although metamorphism or weathering may fundamentally alter the composition of a deposit. Francolite precipitation is inhibited by Mg in seawater, but occurs nonetheless in PO₄-rich porewaters via the formation of a metastable precursor. Phosphate originates largely from the breakdown of organic matter in surficial sediments, apatite precipitating within cm–dm of the sediment/water interface. Coupled redox-cycling of Fe and P provides one means of maintaining high-PO₄ levels in sediments. Incorporation of trace elements, including Cd, U, Y, Zn and the rare-earth elements (REEs), occurs in association with the bacterially and redox-mediated degradation of particulate phases in the sediment, during or soon after francolite precipitation. REE distributions commonly reflect those in seawater. Uranium is incorporated largely as U(IV), but may be oxidised to U(VI) by seafloor weathering. Oxygen ($\delta^{18}\text{O}$), carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and sulphur ($\delta^{34}\text{S}$) stable-isotope studies of francolites provide a wealth of palaeoenvironmental information, and confirm that precipitation generally occurs under oxic to suboxic conditions in surficial sediments. Uranium- and ¹⁴C-dating together with

¹ School of Geological Sciences, Kingston University, Penrhyn Road, Kingston upon Thames, Surrey KT1 2EE, UK

² Department of Oceanography, Florida State University, Tallahassee, Florida 32306, USA

³ Geological Survey of Israel, 30 Malkhe Israel Street, Jerusalem 95501, Israel

⁴ Jordan Phosphate Mines Co Ltd, PO Box 30, Amman, Jordan

⁵ Central Metallurgical Research Institute, PO Box 87, Helwan, Cairo, Egypt

⁶ Departamento Ciencias Geológicas, Universidad Buenos Aires, Pab II, I Piso, 1428 Buenos Aires, Argentina

⁷ Laboratoire de Géosciences de l'Environnement, Université d'Aix-Marseille III, St. Jérôme, F-13397 Marseille Cedex 20

⁸ Department of Geology, Ain Shams University, Cairo 11566, Egypt

⁹ Pakistan Council of Scientific and Industrial Research Laboratories, Jamrud Road, Peshawar, Pakistan

¹⁰ Instituti i Studimeve dhe Projektiveve të Grjeologjisë, Blloku "Vasil Shasto", Tirana, Albania

¹¹ United Institutes of Geology, Geophysics and Mineralogy, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences, 630090 Novosibirsk, Russia

Sr-isotope ratios ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) may be used to measure nodule and grain growth rates and precisely date phosphogenic episodes. Nodules accumulate slowly at $< 0.1\text{--}1\text{ cm kyr}^{-1}$ while phosphate grains may form in < 10 years. Variations in ϵNd values of francolite provide a basis for palaeoceanographic studies. Environmental issues associated with phosphate fertiliser production and use are discussed. Toxic metal, particularly Cd, and radionuclide contamination of the environment from phosphogypsum and fertilisers are considered. It is concluded that insufficient data are currently available for an accurate assessment to be made of the environmental impact and consequent human health implications of such contamination. Future advances in phosphorite geology will necessitate further experimental work, well-integrated field and laboratory studies using established geological and geochemical methods, and the application of new high-sensitivity spatially resolved analytical geochemical techniques.

ZUSAMMENFASSUNG

Neue geochemische Studien haben unser Verständnis für die Genese und Diagenese mariner phosphatischer Ablagerungen (Phosphorite) stark erweitert. Diese Arbeiten sollen in der vorliegenden Studie im Überblick dargestellt werden; insbesondere soll auch der Aspekt der Umweltbelastung betrachtet werden, welcher bei der Nutzung von Phosphatsedimenten entsteht. Einziges Phosphatmineral in unveränderten Phosphoriten ist der Frankolith, ein Karbonat-Fluorapatit mit hoher Ionen-Austauschfähigkeit. Es ist vor allem die Mineralogie in dieser Phase, zusammen mit kinetischen und thermodynamischen Faktoren, welche für viele der primären geochemischen Charakteristika von Phosphoriten verantwortlich ist, obschon Metamorphose oder Verwitterung die Zusammensetzung solcher Sedimente massgeblich verändern können. Die Ausfällung von Frankolith wird durch Mg im Meerwasser verzögert; Frankolith erscheint aber trotzdem in PO_4 -reichen Porenwässern auf dem Umweg über einen metastabilen Vorläufer. Phosphat bildet sich hauptsächlich aus dem Zerfall organischen Materials in Oberflächensedimenten, wobei Apatit innerhalb weniger cm bis dm unterhalb der Sediment/Wasser-Grenze ausfällt. Ein gekoppelter Redox-Zyklus von Fe und P ist eines der Mittel, um im Sediment hohe PO_4 -Werte aufrecht zu erhalten. Der Einbau von Spurenelementen wie Cd, U, Y, Zn und seltenen Erden (REE) geschieht zusammen mit dem bakteriellen und Redox-gesteuerten Abbau von Feststoffen im Sediment während oder kurz nach der Bildung von Frankolith. Die Verteilung der REE's entspricht üblicherweise jener im Meerwasser. Uranium wird häufig als U(IV) eingebaut, kann aber durch die Verwitterung am Meeresboden auch zu U(VI) oxydiert werden. Studien über die Verteilung der stabilen Isotope von Sauerstoff ($\delta^{18}\text{O}$), Kohlenstoff ($\delta^{13}\text{C}$) und Schwefel ($\delta^{34}\text{S}$) in Frankolith sagen sehr viel aus über das Paläomilieu; sie bestätigen aber auch, dass die Ausfällung im Allgemeinen unter oxydischen bis suboxydischen Bedingungen in den obersten Schichten des Sediments stattfindet. Die Datierung mit Hilfe von Uranium und ^{14}C zusammen mit dem Sr-Isotopenverhältnis ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$) kann benutzt werden, um Wachstumsraten an Körnern und Knollen zu messen und phosphogene Episoden genau zu datieren. Knollen wachsen langsam mit $< 0.1\text{--}1\text{ cm}/1000\text{ J}$, während Körner sich schon in weniger als 10 Jahren bilden können. Unterschiede im Gehalt an ϵNd im Frankolith bilden eine Basis für paläoozeanographische Studien. Die Umweltbelastungen, welche durch die Produktion und Verwendung von Phosphat-Düngemitteln entstehen, werden diskutiert. Durch toxische Metalle, speziell Cd und Radionuklide ergeben sich Umweltverschmutzungen, welche ebenfalls betrachtet werden. Sie wirken sowohl beim Gebrauch von Düngemitteln wie auch bei der Erzeugung von „Phosphorgips“ (Abfallprodukt der Düngemittelproduktion). Es zeigt sich, dass für eine genaue Abschätzung der Umweltbelastung und der mit einer solchen Kontamination verbundenen menschlichen Gesundheitsprobleme noch nicht genügend Daten vorhanden sind. Zukünftige Fortschritte bei der Phosphorit-Geologie werden weitere Experimente, gut aufeinander abgestimmte Feld- und Laboruntersuchungen mit bekannten geologischen und geochemischen Methoden, sowie die Anwendung von neuen, hochsensitiven, räumlich auflösenden analytischen geochemischen Techniken notwendig machen.

Introduction

Phosphorus, potassium and nitrogen are all nutrients critical for plant growth. Of these, it may be argued that phosphorus is of primary concern in terms of long-term availability. Nitrogen is present in abundance as N_2 in the atmosphere, from which it is extracted naturally by certain plants. If necessary, it may be fixed artificially by well-known industrial processes. Potassium is available in many large-scale geological evaporite deposits, and can