

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου		Μάιος 1986	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XX/2	σελ. 471-485	Αθήνα 1988		
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens		

ΙΣΟΤΟΠΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΤΟΥ ΜΟΛΥΒΔΟΥ
ΜΕΤΑΛΛΟΦΟΡΙΩΝ ΚΑΙ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΤΗΣ Ν. ΘΑΣΟΥ,
ΡΟΔΟΠΙΚΗ ΜΑΖΑ, Β. ΕΛΛΑΔΑ. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ
ΜΕΤΑΛΛΟΓΕΝΕΤΙΚΗ ΤΟΥΣ ΣΗΜΑΣΙΑ*

Ν. ΕΠΙΤΡΟΠΟΥ**, Σ. ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ***, Γ. ΓΙΑΛΟΓΛΟΥ**

ABSTRACT

The isotopic composition of lead from metamorphosed banded oxide-facies iron formations, Pb-Zn sulphide ores as well as rocks from the island of Thassos indicates a cratonic origin. This origin combined with additional geological characteristics are for a quite dynamic geotectonic setting. The evolution of lead took place in the crust with limited variation in the Th/U ratio and isotopic mixing from at least two sources with different μ values. The main metallogenetic processes for the genesis of the Pb-Zn sulphides appear to

* The Isotopic Composition of Lead from Mineralizations and Rocks of the Thasos Island, Rhodope Massif, N.Greece. Their Geological and Metallogenetic Significance.

** Γεωλόγος, Παράρτημα ΙΓΜΕ Εάνθης
Geologist, IGME Branch Xanthi
Μηχανικός Μεταλλείων, Παρ. ΙΓΜΕ Εάνθης
Min. Enginner, IGME Branch Xanthi

*** Γεωλόγος Ph.D, Επιστημονικός Σύμβουλος ΙΓΜΕ, Αθήνα
Geologist Ph.D, Scientific Advisor IGME, Athens

be a combination of leaching lead with isotopic signature similar to that of the metamorphosed banded iron formations and mixing with uraniumogenic lead (Tertiary?). This latter lead may have originated from the host rocks by lateral secretion during Pb-Zn sulphide ore genesis or/and the Thassos-Kavala sedimentary gas-hydrocarbon bearing basin.

Also, it is noted the similarity in the isotopic composition of lead between the Thassos and E.Chalkidiki Pb-Zn sulphide ores.

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Η ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου σε μεταμορφωμένους ταινιωτούς οξειδιο-σιδηρούχους σχηματισμούς (Banded oxide-facies iron formations), θειούχες μεταλλοφορίες Pb-Zn και πετρώματα της νήσου θάσου έχει ορογενετικό χαρακτήρα και κρατονική προέλευση. Η κρατονική προέλευση του μόλυβδου σε συνδυασμό με άλλα γεωλογικά χαρακτηριστικά συνηγορούν για ένα αρκετά ενεργό προ-μεταγεωτεκτονικό περιβάλλον.

Η εξέλιξη του μόλυβδου έλαβε χώρα στο ρλοιό, με περιορισμένη διακύμανση στο λόγο Th/U και ανάμειξη ισοτόπων από δύο τουλάχιστον πηγές με διαφορετικές τιμές μ . Οι κυρίαρχες μεταλλογενετικές διεργασίες των θειούχων μεταλλοφοριών Pb-Zn φαίνεται να αποτελούν συνδυασμό απόπλυσης (leaching) μόλυβδου με ισοτοπικά χαρακτηριστικά ίδια με εκείνα των μεταμορφωμένων ταινιωτών σιδηρούχων σχηματισμών και επακόλουθη (Τριτογενής) ανάμειξη του με ουρανιογενή μόλυβδο.

Ο μόλυβδος αυτός μπορεί να έχει προέλθει από εκχύμωση (leaching) από τα περιβάλλοντα πετρώματα, ή /και τα ιζήματα της πετρελαιοφόρου τάφρου μεταξύ θάσου-Καβάλας.

Τονίζεται επίσης η ομοιότητα της ισοτοπικής σύστασης του μόλυβδου των θειούχων μεταλλοφοριών Pb-Zn της νήσου θάσου με εκείνη των αντίστοιχων κοιτασιμάτων της Ανατολικής Χαλκιδικής.

Το νησί της θάσου ήταν γνωστό για τον ορυκτό του πλούτο από την αρχαιότητα. Η μεταλλευτική δραστηριότητα αρχίζει από το 400 π.χ. με την εκμετάλλευση συγκεντρώσεων Fe - Cu και Pb- Au- Ag, συνεχίζεται από Γερμανούς και Βέλγους (1905-1930) με έντονη δραστηριότητα στις καλαμινούχες συγκεντρώσεις και τελειώνει με εκμετάλλευση σιδηρομεταλλευμάτων από το 1950 μέχρι το 1964.

Ο εντοπισμός θειούχων μεταλλοφοριών στη θάσο έγινε το 1979 μετά από γεωτρητικό πρόγραμμα του Ι Γ Μ Ε στη θέση Μαρού (Εικ. 1) παρόλο που η ύπαρξή τους είχε υποτεθεί από παλαιότερους ερευνητές (Spreidel, 1929; Βασιλείου, 1947).

Το νησί αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα και ιζημάτα του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. Η μεταμορφωμένη σειρά αποτελεί τμήμα της Ροδοπικής Μάζας. Οι κύριοι λιθολογικοί τύποι είναι μάρμαρα, σιπολίτες, γνεύσιοι, σχιστόλιθοι και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι.

Η ρηξιγενής τεκτονική χαρακτηρίζεται από δύο κύριες διευθύνσεις ΒΔ- ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Στην τομή ρηγμάτων των δύο αυτών διευθύνσεων φαίνεται να εντοπίζονται μη μεταμορφωμένες θειούχες και καλαμινούχες μεταλλοφόρες συγκεντρώσεις.

Η θειούχος μεταλλοφορία στη Μαρού αλλά και σε άλλες περιοχές της θάσου εντοπίζεται στη λιθολογική μεταβολή μαρμάρου ασβεστιτικού σχιστόλιθου, μέσα στο κάρμαρο (Κ1 ορίζοντας), αλλά και στους υποκείμενους ασβεστιτικούς σχιστόλιθους (Κ2 ορίζοντας). Οι δύο αυτοί μεταλλοφόροι ορίζοντες παρουσιάζουν φαινόμενα καρσιτικοποίησης. Πρόσθετα το μάρμαρο είναι έντονα τεκτονισμένο, "εξαλλοιωμένο" με εμφανή χαρακτηριστικά της αντίδρασης νερού-πετρώματος.

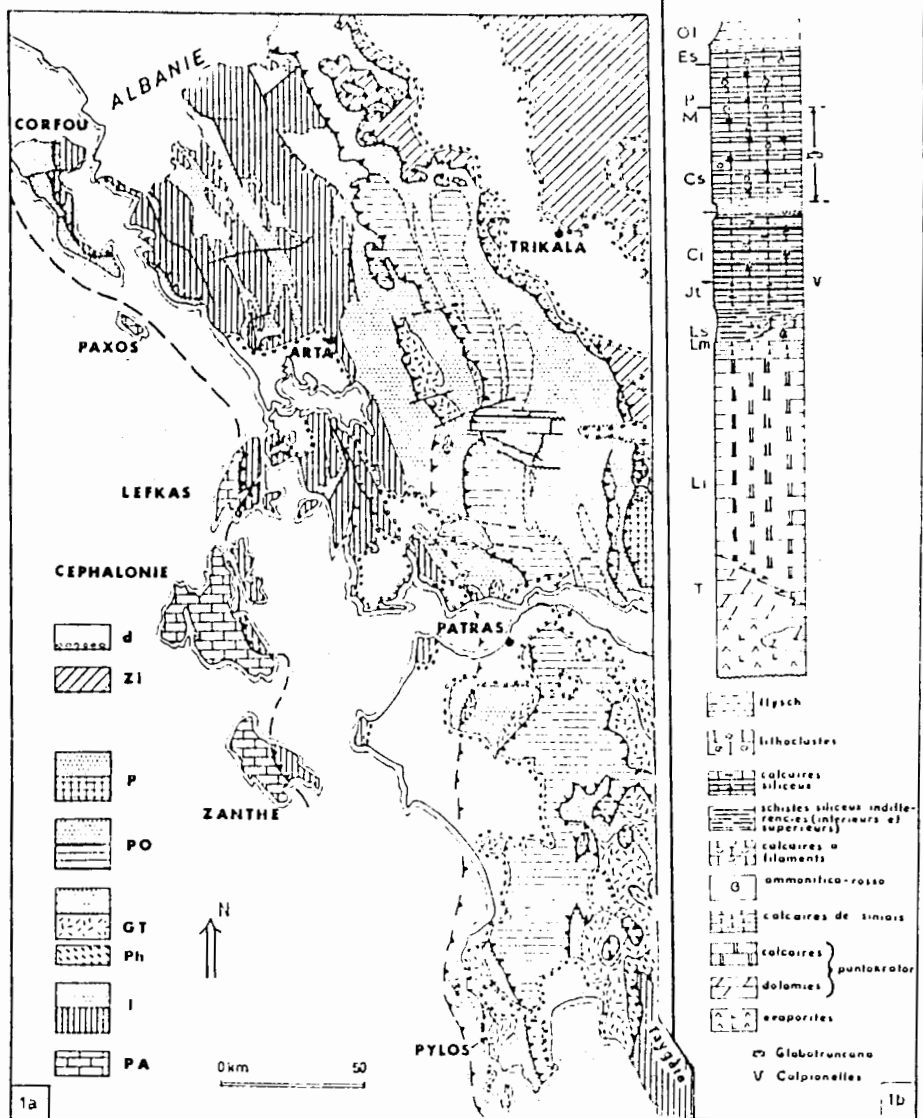


Fig. 1a: Esquisse structurale de la partie occidentale de la Grèce continentale (d'après FLEURY, 1980): PA: zone Préapulienne; I: zone Ionienne; GT: zone de Gavrovo-Tripolitza (Ph: "Phyllades" constituant l'éventuel soulèvement des carbonates de Tripolitza); PO: zone du Pinde-Olonos; P: zone du Parnasse; Zi: zones internes indifférenciées; d: formations discordantes post-tectoniques; (les flyschs ne sont pas différenciés).

Fig. 1b: Colonne lithologique représentative de la zone Ionienne: T: Trias; L, Li; Lm; Ls: Lias (inférieur, moyen, supérieur); Jt: Jurassique terminal; Ci: Crétacé inférieur; Cs: Crétacé supérieur (M: Maastrichtien); P: Paléocène; Es: Eocène supérieur; Ol: Oligocène inférieur; (sources: IGRS-IFP, 1966; FLEURY, 1980).

Η πρωτογενής παραγένεση της θειούχου μεταλλοφορίας είναι σπλή και αποτελείται κύρια από γαληνίτη, σφαλερίτη, σιδηροσπυρίτη-μυλκοβίτη και μαρκασίτη, ενώ σε μικρά ποσοστά συμμετέχουν τα ορυκτά χαλκοσπυρίτης, αιματίτης, μαγνητίτης και αρσενιοσπυρίτης. Η δευτερογενής παραγένεση αποτελείται από τα προϊόντα υπεργενετικής εξασλλοίωσης των παραπάνω ορυκτών όπως: ομιθωνίτης, κερουσίτης, αγγλεσίτης, πλομπούαρσοίτης, λειμωνίτης, χαλκοσίνης, νεοδιγενίτης κ.α. Η κύρια μη μεταλλική παραγένεση είναι βαρύτης-αβεσσίτης και σπανιότερα χαλαζίας.

Εδώ θα θέλαμε να τονίσουμε την ομοιότητα όσον αφορά τη μεταλλική παραγένεση (θειούχα και θειικά) με εκείνη των κοιτασμάτων τύπου Mississippi Valley (MVT).

Αν και υπήρχε ένας σημαντικός αριθμός ισοτοπικών δεδομένων του μόλυβδου από τις θειούχες μεταλλοφορίες της θάσου, ωστόσο δεν είχε γίνει προσπάθεια αξιοποίησής τους προς μία κατεύθυνση μεταλλογενετικής ερμηνείας. Είναι γνωστό ότι η συστηματική μελέτη των ισοτόπων του μόλυβδου σε μεταλλοφορίες και πετρώματα του άμεσου γεωλογικού τους περιβάλλοντος μπορούν να συνεισφέρουν σημαντικά (i) στην καλύτερη γνώση της ηλικίας της μεταλλογένεσης-πετρογένεσης, (ii) τον περιορισμό των πιθανών μεταλλογενετικών μοντέλλων, και (iii) στην προσπάθεια επίλογής στόχων οικονομικής σημασίας.

Ετσι, κινούμενοι μέσα στα παραπάνω πλαίσια σ'αυτή την εργασία γίνεται η πρώτη ουσιαστική προσπάθεια ερμηνείας των ισοτοπικών δεδομένων του μόλυβδου από γαληνίτες, αρχαίες καμινεύσεις, καλαμίνες, ταινιωτούς μεταμορφωμένους σιδηρούχους σχηματισμούς και ένα αμφιβολίτη από τη νήσο θάσο. Η ερμηνεία των στοιχείων αυτών θα αποτελέσει και την αφετηρία για μεταφορά της γνώσης σε ίδια γεωλογικά περιβάλλοντα.

Αναλυτική Μέθοδος

Δέκα πέντε δείγματα γαληνίτη, ένα κερουσίτη, τρία καμινεύσεων, πέντε ταινιωτών σιδηρούχων και ένα δείγμα αμφιβολίτη αναλύθηκαν για την ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου σε εργαστήρια του εξωτερικού. Μετά την αρχική χημική επεξεργασία των δειγμάτων ακολούθησε η μέτρηση της ισοτοπικής σύστασης του περιεχόμενου μόλυβδου. Οι μετρήσεις

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

έγινε σε φασματογράφο μάζας MAT 261 της VARIAN-FINNIGAN. Σε κάθε μέτρηση έγινε διόρθωση για διάκριση μάζας (mass discrimination). Η διόρθωση αυτή προσδιορίστηκε από την εκαναληξιμότητα του στάνταρντ NBS SRM 981. Η συνολική ακρίβεια κάθε μέτρησης είναι της τάξης του 0,2% (2σ). Το σύνολο των αναλύσεων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1.

Σ Υ Ζ Η Τ Η Σ Η

Η Εικόνα 2 έχει προκύψει από την εφαρμογή του μοντέλλου plumbotectonic των Doe and Zartman (1979). Το μοντέλλο αυτό είναι βασικά μία βελτίωση και προέκταση εκείνου που αναπτύχθηκε από τον Armstrong (1968) και υποθέτει την ανάμειξη του μόλυβδου σε τέσσερα περιβάλλοντα κατά την διάρκεια έντεκα χρονικά ισόδυναμων ορογενέσεων από τα 4.0 Ga μέχρι σήμερα. Τα περιβάλλοντα αυτά είναι: ο μανδύας, ο ανώτερος φλοιός, ο κατώτερος φλοιός και το ορογενετικό. Το τελευταίο αντιπροσωπεύει περιβάλλον που έχουν συμμετοχή και οι τρεις πρώτες ηγεές ή περιβάλλοντα. Εδώ θα πρέπει να τονισθεί ότι η εφαρμογή του μοντέλλου Doe and Zartman (1979) σε συγκεκριμένες περιοχές δεν πρέπει να ξεπερνά τις δυνατότητες ερμηνείας που προσφέρει (Καλογερόπουλος, 1984).

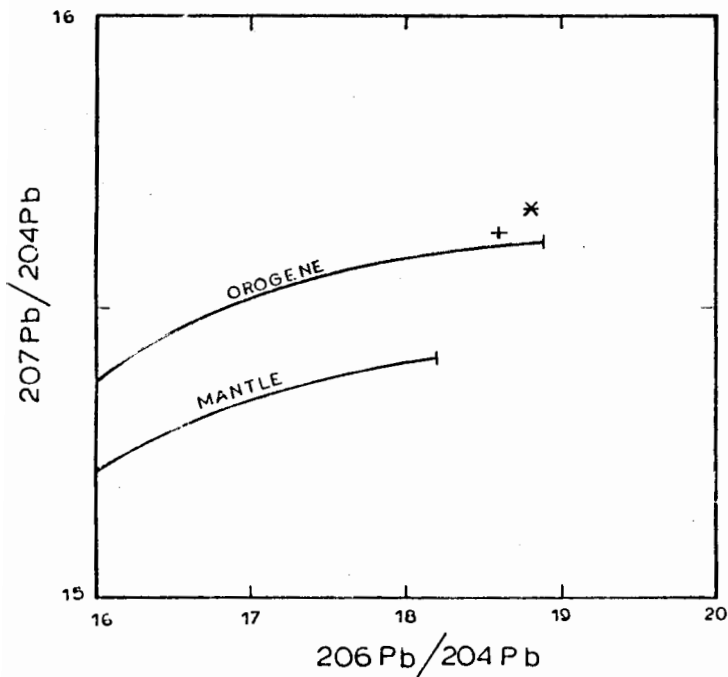
Από την Εικόνα 2 γίνεται φανερός ο ορογενετικός χαρακτήρας των ισοτόπων του μόλυβδου για τα δείγματα που μελετήθηκαν (Πιν.1). Οι Doe and Zartman (1979) υποστηρίζουν την άποψη ότι δείγματα που προβάλλονται πάνω από την καμπύλη Stacey-Kramers (1975) στο διάγραμμα $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ περιέχουν μόλυβδο κρατονικής προέλευσης. Τα δείγματα που μελετήθηκαν προβάλλονται πάνω από την καμπύλη Stacey-Kramers (1975), υποδηλώνοντας έτσι την κρατονική προέλευση των ισοτόπων του μόλυβδου.

Βεβαίως, ο ανώτερος ηπειρωτικός φλοιός έχει μόλυβδο με ισοτοπικά χαρακτηριστικά ίδια με εκείνα των πελεγικών ιζημάτων. Η ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου στα τελευταία αποδίδεται σε μίγμα μόλυβδου από τον ωκεάνιο και τον ανώτερο ηπειρωτικό φλοιό (Dasch, 1981). Η σύνθετη προέλευση του μόλυβδου για την περίπτωση που μελετήσαμε φαίνεται και στην Εικόνα 3. Η θέση αυτή στηρίζεται κυρίως από την ύπαρξη μεταμορφωμένων οξιδρωσίων οριζόντων exhalites (Καλογερόπουλος κ.α 1986) σε ένα αρχικό ηπειρωτικό/οξιδρωσίο περιβάλλον. (Kozirakowski κ.α., 1986).

Πιν. 1. Ισοτοπικές Αναλύσεις Μολύβδου σε Γαληνίτες, Σιδηρούχους Σχηματισμούς Ένα Αμφιβολίτη και Αρχαίες Καμινεύσεις από τη Νήσο Ώσω, Β. Ελλάδα

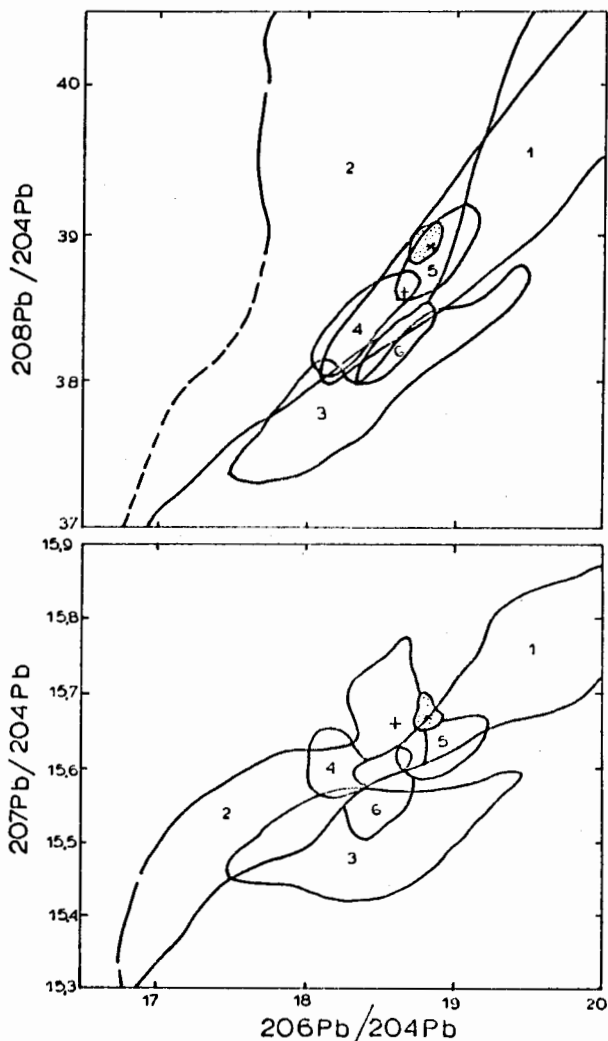
Δείγμα No	Μεταλλοφορία / Πέτρωμα θέση		206_Pb	207_Pb	208_Pb	Πηγή
			204 Pb	204 Pb	204 Pb	
1	Γαληνίτες Ετόδ Κουμαριάς	*	18,781	15,684	38,899	GALE (oxford)
2	Γαληνίτες Εκσκαφή Κουμαριάς	"	18,764	15,669	38,865	"
3.	Γαληνίτες Βούβες	"	18,796	15,08	38,91	"
4.	Γαληνίτες Γεώ- τρηση Γ06, 161m, Μαρού	"	18,779	15,69	38,91	"
5.	Γαληνίτες Γεώτρηση Γ05, 162m, Μαρού	"	18,780	15,66	38,91	"
6.	Γαληνίτες, Μαρού	"	18,791	15,697	38,889	"
7.	Γαληνίτες, Θυμωσιά	"	18,82	15,65	38,78	SCHUILLING
8.	Γαληνίτες, Βούβες	"	18,82	15,71	39,00	BEEMANN
9.	Γαληνίτες Κουμαριά	"	18,78	15,67	38,89	"
10.	Γαληνίτες, Μαρού	"	18,80	15,68	38,92	"
11.	Γαληνίτες, Μαρού	"	18,79	15,68	38,91	"
12.	Γαληνίτες, Μαρού	"	18,81	15,65	38,88	"
13.	Γαληνίτες Αγ. Ελευθέριος	"	18,75	15,64	38,79	GALE (oxford)
14.	Γαληνίτες Σωτήρας	"	18,78	15,66	38,87	"
15.	Γαληνίτες Ραχώχι	"	18,81	15,65	38,88	Vavelidis
16.	Κερουσίτες Βούβες	□	18,82	15,65	38,78	Schuilling
17.	Καμινεύσεις (Διόξυρος) Εκορίδια	Δ	18,81	15,68	38,93	GALE (oxford)
18.	Καμινεύσεις (Διόξυρος) Σκριές	"	18,80	15,68	38,91	"
19.	Καμινεύσεις Καληράχη	"	18,76	15,65	38,81	GALE (oxford)
20.	Σιδηρούχος Σχηματισμός Καδάρες No 1	+	18,52	15,64	38,56	BEEMANN (Max Plank Inst)
21.	Σιδ. Σχημ. Καδάρες No 2	"	18,63	15,64	38,64	"
22.	Σιδ. Σχημ. Καδάρες No 3	"	18,57	15,63	38,59	"
23.	Σιδ. Σχημ. Σωτήρας	"	18,55	15,63	38,54	"
24.	Σιδ. Σχημ. Αλυκή	"	18,53	15,65	38,64	"
25.	Αμφιβολίτες Σκ. Μαρτιές	o	18,70	15,64	38,68	"

1. Σύμβολα στις Εικόνες 4,5,6.



Εικ.2. Μέσες τιμές των λόγων $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ για Pb-Zn θειούχες (*) και μεταμορφωμένες σιδηροξειδιούχες μεταλλοφορίες (+) από την νήσο θάσο. Σημειώστε τον ορογενετικό χαρακτήρα του μολύβδου (διάγραμμα από Doe and Zartman (1979).

Fig.2. Mean values at the $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratios for Pb-Zn sulphide (*) and metamorphosed oxide-facies banded iron formations (+) from the island of Thassos. Note the orogenic character of lead (diagram from Doe and Zartman , 1979).



Εικ.3. Συνθετικά διαγράμματα ισοτόπων του μολύβδου και τα αντίστοιχα γεωλογικά περιβάλλοντα που περιγράφονται από αυτά (Doe and Zartman, 1979). Οι στικτές περιοχές είναι αυτές των ισοτόπων του μολύβδου των συμπαγών θειούχων Pb-Zn από την Ανατολική Χαλκιδική. Στα διαγράμματα αυτά προβάλλονται οι μέσες τιμές της ισοτοπικής σύστασης του μολύβδου για τις θειούχες (*) και τις σιδηροξειδιούχες (+) μεταλλοφορίες της Ν.Θάσου.

Fig.3. Summary lead isotope plots and their geological environments (Doe and Zartman, 1979). The dotted areas represent these occupied by the lead isotopes of the massive sulphide Pb-Zn are deposits in Eastern Chalkidiki. In these plots the mean isotopic composition of lead from sulphide and iron-oxide mineralizations of the island of Thassos are also shown.

Από την Εικ.4 προκύπτει ότι υπάρχει μία εξαιρετικά υψηλή συσχέτιση ($\gamma = 0.9$) της ισοτοπικής σύστασης του θοριογενούς μόλυβδου για τα δείγματα που μελετήθηκαν. Η συσχέτιση αυτή προσδιορίζει, (α) την εξέλιξη του μόλυβδου σε περιβάλλον του φλοιού (evolution in crustal environment) και (β) μικρή διακύμανση του λόγου Th/U.

Αν και μία πρώτη εκτίμηση της κλίσης της γραμμικής αυτής σχέσης αφαιρεί προς το παρόν τη δυνατότητα χρήσης της σαν ισόχρονο, όμως θα μπορούσε κανείς να πει ότι η παραπάνω σχέση αντιπροσωπεύει διαφορετική ανάμιξη μόλυβδου με ισοτοπικά χαρακτηριστικά από δύο τουλάχιστον πηγές με διαφορετικές τιμές μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) (Εικ. 5), μία περισσότερο και μία λιγότερο ραδιογενή (π.χ. θειούχο και σιδηρούχο μεταλλοφορία, αντίστοιχα). Η περισσότερο ραδιογενής παρουσιάζει ομοιότητες με εκείνη που απαντά σε κοιτάσματα ΜΥΤ.

Η Εικόνα 6 τονίζει μία μη γραμμική εξέλιξη του ουρανιογενούς μόλυβδου. Ειδικότερα στο τμήμα που αφορά τη θειούχο μεταλλοφορία Pb-Zn συμπεριλαμβανομένων των καλαμιών και των καμινεύσεων παρατηρούνται:

- α. Μία στατιστικά σημαντική διασπορά του ουρανιογενούς μόλυβδου 207 Pb.
- β. Μία σημαντική απόκλιση της γραμμικής τους σχέσης από εκείνη των μεταμορφωμένων ταινιωτών σιδηρούχων σχηματισμών και του αμφιβολίτη.

Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά υποδηλώνουν την παραπέρα προσθήκη του ουρανιογενούς ισότοπου του μόλυβδου 207 τόσο στις θειούχες μεταλλοφορίες όσο και στα εξαλλοιωμένα τους προϊόντα (καλαμίνες).

Το τελευταίο μπορεί να οφείλεται σε πλευρική εκχύμωση (lateral excretion) ή /και προσφορά από μεταλλοφόρα διαλύματα λειάνης (basinal brines).

Η λειτουργία ενός υδροθερμικού συστήματος (circulating hydrothermal system) που μπορεί να έχει προκύψει σαν συνέπεια ενός Τριτογενούς θερμικού φαινομένου στην περιοχή δεν μπορεί να αποκλεισθεί (Δημάδης, 1985 πρόσφ. ενημέρωση, Σαϊάνης κα 1985).

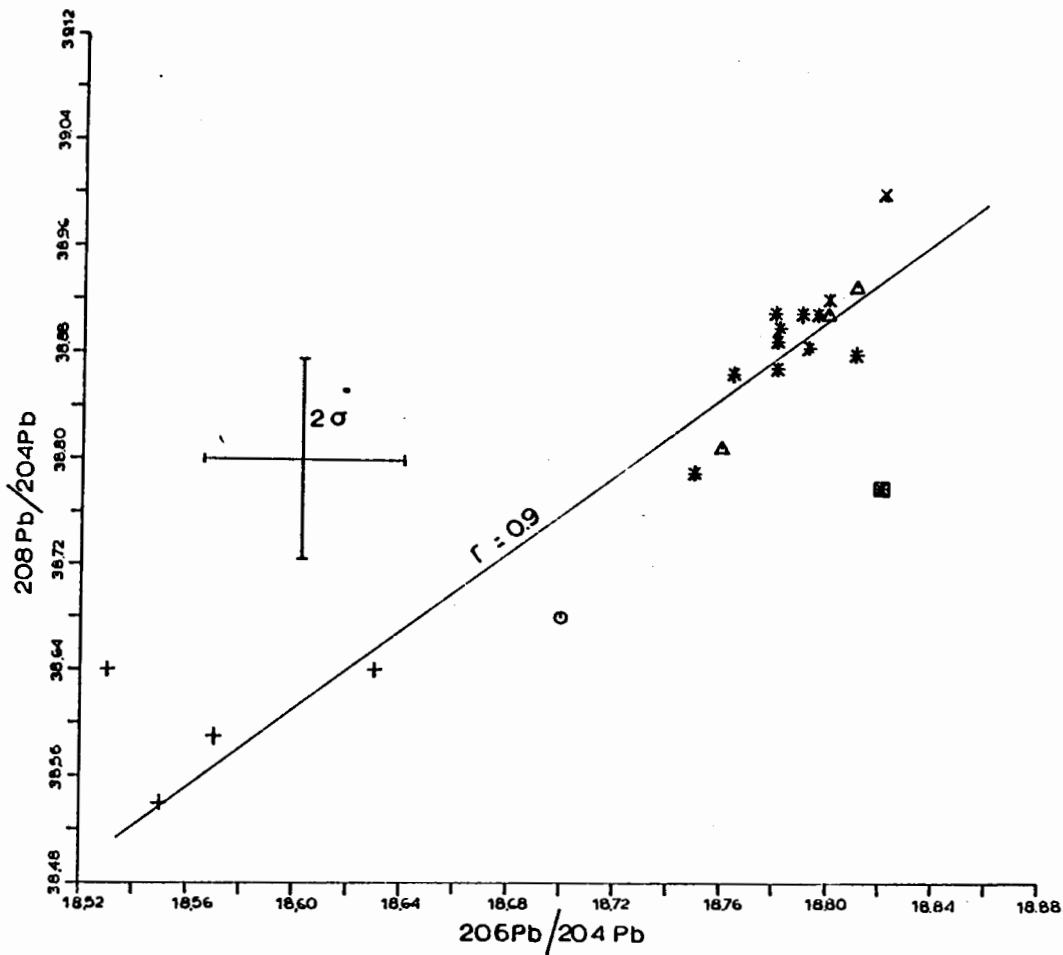
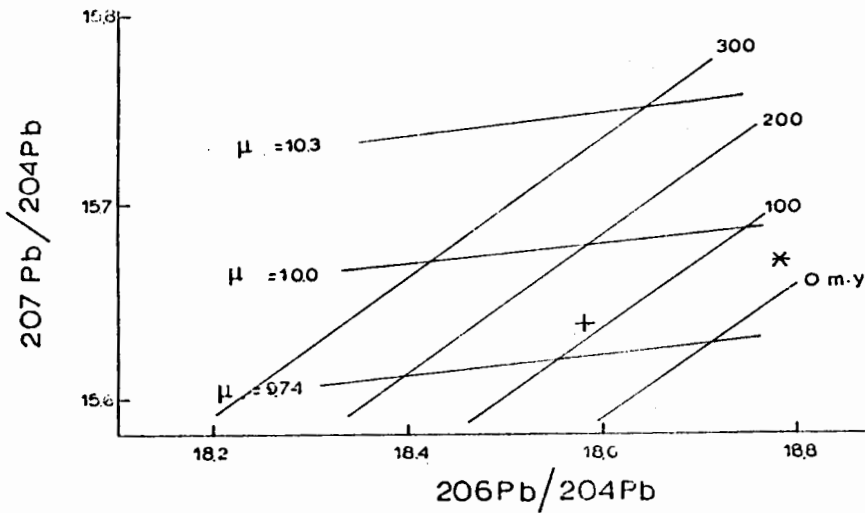


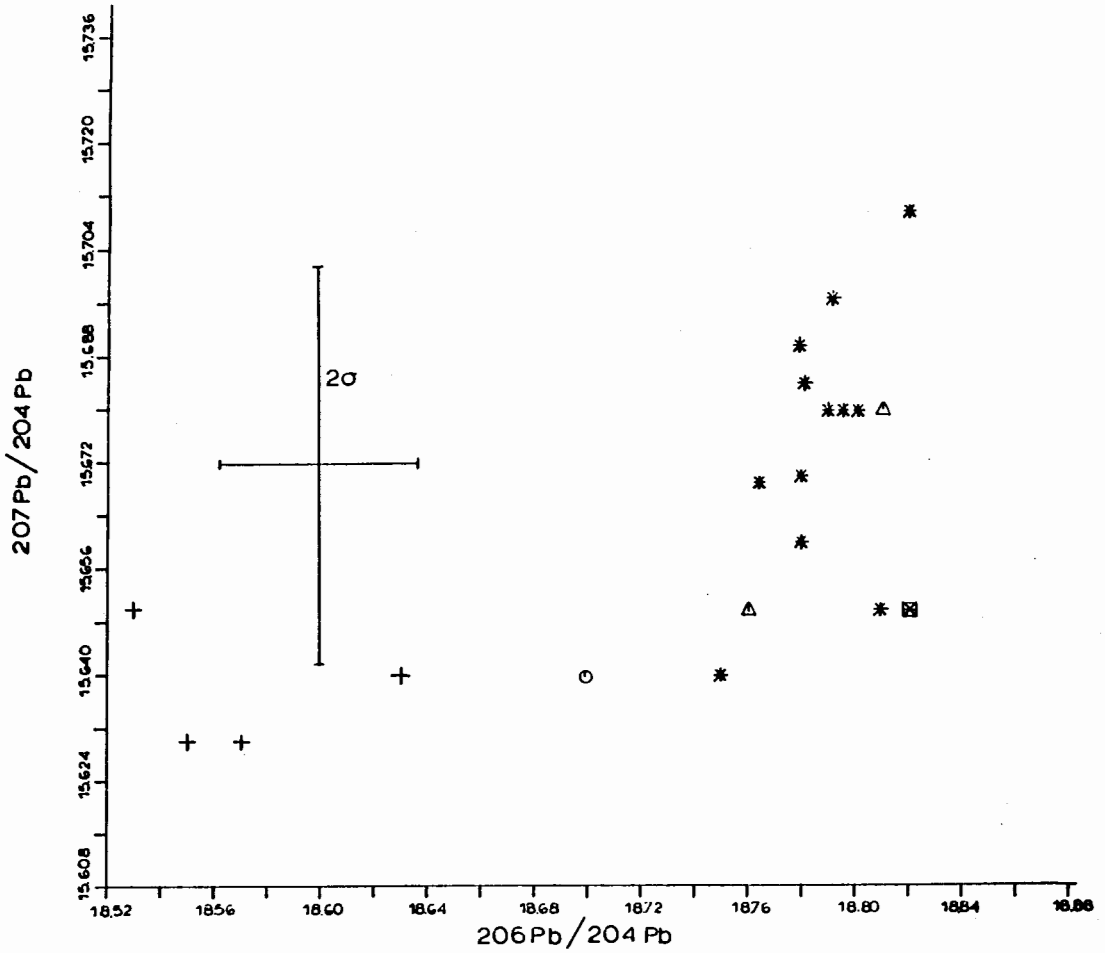
Fig.4. $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ evolution plot for rocks, mineralizations and slongs from the island of Thassos. For symbols refer to Table 1. Note the high positive correlation at our data.

Εικ.4. Διάγραμμα $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ εξέλιξης μόλυβδου για πετρώματα, μεταλλεύματα και καμινεύσεις από τη νήσο θάσο. Για τα σύμβολα αναφερθείτε στον Πιν.1. Σημειώστε την υψηλή θετική συσχέτιση των τιμών.



Εικ.5. Διάγραμμα $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs. $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ εξέλιξης μολύβδου (Stacey and Kramers, 1975). Οι τιμές μ αναφέρονται στο λόγο $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$. Σημειώστε την προβολή των μέσων τιμών από τις θειούχες (*) και σιδηρο-ξειδιούχες (+) μεταλλοφορίες της νήσου Θάσου.

Fig.5. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ evolution diagram(Stacey and Kramers,1975). μ values referring to the $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ ratio are also shown. Note the plot of the mean values for sulphide (*) and banded iron-oxide (+) mineralizations from the island of Thassos.



Εικ.6. Διάγραμμα $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ για πετρώματα, μεταλλεύματα και καμινεύσεις από τη νήσο Θάσο. Σημειώστε τη διαφοροποίηση μεταξύ θειούχων (*) και μεταμορφωμένων σιδηροξειδιούχων σχηματισμών (+)

Fig.6. $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ plot for rocks, mineralizations and slongs from the island of Thassos. Note the difference between sulphides (*) and banded iron-formations (+).

Η ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου των γαληνιτών από τις θειούχες μεταλλοφορίες Pb-Zn της νήσου θάσου είναι ίδια με εκείνη του μόλυβδου των γαληνιτών από τα θειούχα κοιτάσματα Pb-Zn της Ανατολικής Χαλκιδικής (Εικ. 3). Η ομοιότητα αυτή υποδηλώνει πρόξενική (-ες) προέλευση (-εις) και εξελικτική πορεία για το μόλυβδο στις δύο παραπάνω μεταλλογενετικές επαρχίες.

Σ Υ Ν Η Ε Ρ Α Σ Μ Α Τ Α

Τα κυριώτερα συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη της ισοτοπικής σύστασης του μόλυβδου από μεταλλοφορίες/πετρώματα της νήσου θάσου είναι τα παρακάτω:

1. Η ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου έχει ορογενετικό χαρακτήρα.
2. Η υψηλή γραμμική συσχέτιση $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ vs $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (Εικ. 4) στηρίζει την άποψη ότι η εξέλιξη του μόλυβδου έλαβε χώρα στο φλοιό (evolution in crustal environment) με περιορισμένη διακύμανση στο λόγο Th/U και ανάμιξη ισοτόπων από δύο τουλάχιστον πηγές με διαφορετικές τιμές μ (Εικ. 5). Το τελευταίο βρίσκεται σε συμφωνία και με την παρατήρηση ότι η ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου στις μεταλλοφορίες της νήσου θάσου είναι ίδια με εκείνη των πελαγικών ιζημάτων στα οποία ο μόλυβδος αποδίδεται σε μίγμα ωκεάνιου και ανώτερου ηπειρωτικού φλοιού (Dasch, 1981).
3. Η απόπλυση (Leaching) μόλυβδου με ισοτοπικά χαρακτηριστικά ίδια με εκείνα των μεταμορφωμένων ταινιωτών σιδηρούχων σχηματισμών και του αμφιβολίτη (Εικ. 4) και η επακόλουθη (Τριτογενής) ανάμιξη του με μόλυβδο ουρανιογενούς προέλευσης (Εικ. 6) που μπορεί να έχει εκχυλωθεί από τα περιβάλλοντα πετρώματα η/και ιζήματα της τάφρου μεταξύ θάσου-Καβάλας, φαίνεται να αποτελούν τις κυρίαρχες μεταλλογενετικές διεργασίες των γνωστών θειούχων μεταλλοφοριών Pb-Zn της νήσου θάσου.

4. Το αρχικό γεωτεκτονικό (πρό- μεταμορφικό) πλαίσιο είναι ένα ενεργό περιβάλλον που συνδυάζει: ηραιοτελιότητα, κλαστική και χημική εξημε- τογένεση και συμμετοχή μόλυβδου από αυτό, στο σχηματισμό των θειού- χων μεταλλοφοριών της θάσου που μελετήθηκαν.
5. Η ομοιότητα της ισοτοπικής σύστασης του μόλυβδου στους γαληνίτες θειούχων μεταλλοφοριών Pb-Zn της νόσου θάσου με εκείνη του μόλυβ- δου γαληνιτών από τα θειούχα κοιτάσματα Pb-Zn της Ανατολικής Χαλκιδικής (Εικ. 3) υποδηλώνει η ίδια κοινή προέλευση και εξελικτική πορεία του μόλυβδου για τις δύο παραπάνω μεταλλογενετικές επαρχίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

REFERENCES

- ARMSTRONG R.L., 1968. A model for the evolution for strontium and lead isotopes in a dynamic earth. *Rev. Geophy.* 6, 175-199.
- BAGUETTE A., 1947. Les gisements calaminaires de Thassos. *Ann. Geol. Pays Hell.* Athens.
- DASCH E.J., 1931. Lead isotopic composition of metalliferous sediments from the Nazca plate. *Geol. Soc. An. Men.* 154, 199-210.
- DOE B.R. AND ZARTMAN R.E., 1979. Plumbotectonics, the Phanerozoic. In Barnes H.L. (Ed.) *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. Second Edition* PP 22-70. Wiley Interscience, N. York.
- ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ Σ.Η., 1984. Ισοτοπική σύσταση του μόλυβδου των γαληνιτών από τα σωμαγή θειούχα κοιτάσματα Pb-Zn της Ανατολικής Χαλκιδικής. Β. Ελλάδα. Ε.Γ.Ε.Συνεδρία.
- ΚΑΛΟΓΕΡΟΠΟΥΛΟΣ Σ.Η., ΕΠΙΤΡΟΠΟΥ Η. ΚΑΙ ΠΑΡΙΤΣΗΣ Σ., 1986. Ορυκτολογία, γεωχημεία και μεταλλογενετική ερμηνεία εστρωμένων οξειδιο-σιδηρούχων σχηματισμών από την περιοχή Κουρλού της Ν.Θάσου - Β.Ελλάδα.
- SPEIDEL J., 1929. Beitrage zur kenntnis de geologie der insel Thassos. Freiberg I. SA.
- STACEY J.S. AND KRAMERS J.D., 1975. Approximation of terrestrial isotope evaluation by a two stage model. *Earth Pl. Sc. Letters* 26., 207-221.