



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΑΣ - ΠΕΤΡΟΛΟΓΙΑΣ - ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ
ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ - ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΣΟΦΙΑ Ι. ΤΣΑΜΟΥΡΛΙΔΟΥ
ΑΕΜ 5895

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2022



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΤΗΣ ΣΟΦΙΑΣ ΤΣΑΜΟΥΡΛΙΔΟΥ

ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ - ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΟΥ ΤΥΠΟΥ

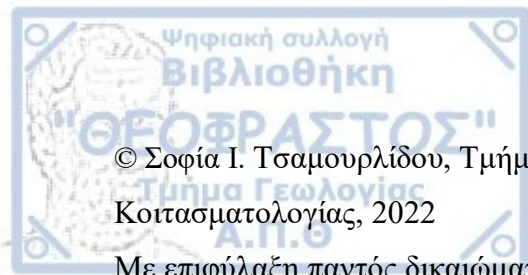
Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας
Τομές Ορυκτολογίας – Πετρολογίας - Κοιτασματολογίας

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Βασίλης Μέλφος, Καθηγητής

© Σοφία Ι. Τσαμουρλίδου, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.



© Σοφία Ι. Τσαμουρλίδου, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ, Τομέας Ορυκτολογίας, Πετρολογίας, Κοιτασματολογίας, 2022

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος

Προσχωματικά Κοιτάσματα - Αλλουβιακού τύπου – Πτυχιακή Εργασία

© Sophia I. Tsamourlidou, School of Geology, Department of Mineralogy, Petrology, Economic Geology, 2022

All rights reserved

Alluvial Placer Deposits - Diploma Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνες εξώφυλλου: Ψήγματα προσχωματικού χρυσού στην περιοχή Ιρκούτσκ-Ρωσίας.
Πηγή: nedradn.ru.



« Η παραγωγή του χρυσού είναι επίπονη, η φύλαξή του δύσκολη, η έλξη που ασκεί μεγίστη, ενώ η χρήση του κυμαίνεται ανάμεσα στην ηδονή και τη λύπη ».

Διόδωρος Σικελιώτης
Άπαντα, Βιβλίο, 3, 14, 5





ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	1
ABSTRACT	2
ΠΡΟΛΟΓΟΣ.....	3
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	4
1. ΚΕΦΑΛΑΙΟ	5
1.1 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ.....	5
1.2. ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ	6
1.3 ΧΡΥΣΟΣ (Au)	12
1.4 Η ΟΜΑΔΑ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM).....	16
2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	21
2.1 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	21
2.2 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	25
2.3 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΡΩΣΙΑ.....	26
2.4 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΟΝ ΚΑΝΑΔΑ	33
2.5 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΙΝΔΙΑ.....	35
3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ	37
3.1 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	37
3.2 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗ ΡΩΣΙΑ	38
3.3 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗΝ ΚΟΛΟΜΒΙΑ.....	42
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	45
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	46



Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει την περιγραφή των προσχωματικών κοιτασμάτων, με ιδιαίτερη έμφαση στα προσχωματικά κοιτάσματα αλλουβιακού τύπου (alluvial deposits). Αρχικά, δίνεται η έννοια του ορισμού των προσχωματικών κοιτασμάτων και στην συνέχεια οι κατηγορίες στις οποίες χωρίζονται. Τα δύο πιο συχνά χρησιμοποιούμενα μέταλλα ο χρυσός (Au) και η ομάδα του λευκόχρυσου (PGM) έχουν πρωταρχικό ρόλο στην εργασία. Αναλύονται ξεχωριστά ως μέταλλα και στη συνέχεια περιγράφεται η εμφάνισή τους σε προσχωματικά κοιτάσματα αλλουβιακού τύπου. Τέλος, αναλύονται τα προσχωματικά κοιτάσματα αλλουβιακού τύπου του χρυσού και της ομάδας του λευκόχρυσου (PGM) στην Ελλάδα και άλλων χωρών, όπως της Ρωσίας, του Καναδά, της Ινδίας και της Κολομβίας.



ABSTRACT

This thesis refers to the description of placer deposits, with special emphasis on alluvial deposits. In the beginning the definition of placer deposits is presented and then the categories of the placer deposits are discussed. Information about two commonly used metals gold (Au) and the platinum group metals (PGM) is extensively provided in the thesis. Moreover, these metals are analyzed separately and there is a description of their occurrence in placer deposits of alluvial type. Their occurrences in Greece and other countries such as Russia, Canada, India and Colombia are also described.



Το θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας μου ανατέθηκε από τον Καθηγητή του Τομέα Πετρολογίας-Ορυκτολογίας-Κοιτασματολογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, κ. Βασίλειο Μέλφο. Θέλω να ευχαριστήσω θερμά για την υπόδειξη του θέματος και για την καθοδήγηση του στον τρόπο παρουσιάσεις και ταξινόμησης του κάθε θέματος στην πτυχιακή εργασία. Ήταν το πρώτο θέμα το οποίο μου πρότεινε και το δέχτηκα χωρίς δεύτερη σκέψη. Στην αρχή δυσκολεύτηκα, αλλά προχωρώντας στην αναζήτηση πληροφοριών, βρέθηκα μπροστά σε μια ενδιαφέρουσα γεωλογική, γεωγραφική, ιστορική, ανθρωπιστική θεματολογία για τα προσχωματικά κοιτάσματα αλλουβιακού τύπου. Οι πληροφορίες αντλήθηκαν από ελληνικές και ξένες πηγές (ρωσικές και αγγλικές).

Τέλος, θέλω να ευχαριστήσω την οικογένεια μου. Τις αδελφές μου για όλη την βοήθεια που πρόσφεραν κατά την διάρκεια της συγγραφής της πτυχιακής εργασίας και τους γονείς μου για την συναισθηματική συμπαράσταση που έδειξαν σε κάθε δύσκολη στιγμή, για τις ατέλειωτες συζητήσεις, συμβουλές και την σωστή καθοδήγηση στις λάθος επιλογές μου.

Спасибо папа и мама за всё.



Υπάρχουν τμήματα στην επιφάνεια, στον φλοιό της Γης ή στον πυθμένα της θάλασσας, στα οποία έχει προκληθεί εμπλουτισμός σε ορυκτά ή μέταλλα ή χημικές ενώσεις (λόγω γεωλογικών διεργασιών), τα οποία συνιστούν τα κοιτάσματα. Η εκμετάλλευση αυτών των κοιτασμάτων μπορεί να συμβάλει στην οικονομία μιας χώρας. Στην παρούσα εργασία γίνεται αναφορά στα προσχωματικά κοιτάσματα αλλουβιακού τύπου, κυρίως στα κοιτάσματα του χρυσού και των ορυκτών της ομάδας του λευκόχρυσου (πλατίνας). Ο χρυσός είναι ένα από τα πολυτιμότερα μέταλλα και μπορεί να χαρακτηριστεί ως η πιο λαμπερή ενσαρκώση του πλούτου. Η πλατίνα είναι επίσης θαυμαστή για την καθαρότητα, την φωτεινότητα και την ομορφιά της.

Στην Ελλάδα η πλατίνα αναφέρεται και ως λευκόχρυσος. Ωστόσο δεν πρέπει να συγχέεται με το λευκό κράμα του χρυσού. Ο χρυσός και η πλατίνα είναι δύο μέταλλα που έχουν σημαντική σχέση μεταξύ τους.

Η Ελλάδα έχει εξαιρετικούς ορυκτούς πόρους και τα κοιτάσματα μετάλλων της έχουν μεγάλη δυναμική. Εξαιτίας της γεωτεκτονικής της θέσης και της γεωλογικής της δομής παρουσιάζει έναν μεγάλο αριθμό κοιτασμάτων χρυσού. Οι αρχαίοι Έλληνες είχαν από πολύ νωρίς εκτιμήσει την αξία του χρυσού, καθώς αποτελούσε ένδειξη δύναμης, πλούτου και ευρωστίας. Σε παγκόσμια κλίμακα η Ρωσία με την ανάπτυξη των κοιτασμάτων χρυσού μπορεί να γίνει η δεύτερη μεγαλύτερη χώρα στον κόσμο παραγωγής χρυσού μετά την Κίνα. Κάθε χώρα στον κόσμο αναζητά κοιτάσματα χρυσού, διότι συνιστούν την ουσιαστική πλουτοπαραγωγική πηγή στην διεθνή οικονομία.

Τα προσχωματικά κοιτάσματα (placers ή placer deposits) αποτελούν ιδιαίτερη κατηγορία κοιτασμάτων, μεγάλης οικονομικής σημασίας (Μπάτσαλας 2006). Η ύπαρξη διαφόρων παραγόντων στην ατμόσφαιρα (χημικών, φυσικών, βιολογικών, κτλ.) έχουν ως αποτέλεσμα την επίδρασή τους, πάνω στα πετρώματα και συμβάλλουν στον σχηματισμό νέων ορυκτών που είναι ευσταθή στις επικρατούσες περιβαλλοντικές συνθήκες και ανθεκτικά στις συνθήκες διάβρωσης και αποσάθρωσης. Συνήθως όμως, συνεπιδρούν όλοι οι παράγοντες (Μπάτσαλας 2006). Η σύσταση των προσχωματικών κοιτασμάτων αποτελείται από άμμο, χαλίκια και κροκάλες κάθε κατηγορίας, ιδιαίτερα, ποτάμια και θαλάσσια. Τα κοιτάσματα αυτά δημιουργούνται από την αποσάθρωση πετρωμάτων και κοιτασμάτων, την μεταφορά και απόθεση των υλικών της διάβρωσης (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986). Ο μανδύας αποσάθρωσης δημιουργείται από τα προϊόντα της αποσάθρωσης και καλύπτει το υποκείμενο πέτρωμα. Μπορεί να υποστεί επεξεργασία από το νερό των ποταμών, των θαλασσών και της βροχής, με αποτέλεσμα να μεταφερθούν τα ορυκτά σε χαμηλότερες μορφολογικά περιοχές (Μπάτσαλας 2006).

Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα ορυκτό για να μπορέσει να δώσει προσχωματικό κοιτάσμα είναι: 1) μεγάλο ειδικό βάρος, 2) χημική αντοχή της συνθήκης αποσάθρωσης και μεταφοράς, 3) ανθεκτικότητα, σκληρότητα, πλαστικότητα, αντοχή. Δηλαδή, ιδιότητες που καθορίζουν εάν θα διασπαστεί σε μικρότερα τεμάχια (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

Τα ορυκτά που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο του $2,8 \text{ gr/cm}^3$ ονομάζονται βαρέα, ενώ ορυκτά που έχουν ειδικό βάρος μικρότερο από $2,8 \text{ gr/cm}^3$ ονομάζονται ελαφρά. Οι κόκκοι των βαρέων ορυκτών που είναι σταθεροί και ανθεκτικοί σε χημικές και φυσικές επιδράσεις, μπορούν να παρασυρθούν λόγω της βαρύτητας ή της ροής του νερού και να μεταφερθούν σε περιοχές με χαμηλότερο υψόμετρο. Με τον τρόπο αυτό γίνεται διαχωρισμός ελαφρών και βαρέων ορυκτών.

Οι κόκκοι των βαρέων υλικών συγκεντρώνονται σε αποθέσεις ποταμών, χειμάρρων, ακόμη και στο πυθμένα της θάλασσάς ή μιας λίμνης. Η εμφάνιση βαρέων ορυκτών χαρακτηρίζονται ως προσχωματικά κοιτάσματα και έχουν μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον (Μπάτσαλας 2006). Στον πίνακα 1.1 δίνονται τα ειδικά βάρη ορυκτών που βρίσκονται σε προσχωματικά κοιτάσματα.

Πίνακας 1.1 Ειδικό βάρος μερικών ορυκτών που βρίσκονται σε προσχωματικά κοιτάσματα (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

Μεταλλικά ορυκτά		Ημιπολύτιμοι λίθοι και επουσιώδη ορυκτά		Συνηθισμένα πετρογενετικά ορυκτά	
Χρυσός	15,6-19,3	Ρουμπίνι, Ζαφείρι (κορούντο)	3,9-4,1	Πυρόξενοι	3,1-3,6
Λευκόχρυσος	14,0-19,0*	Σπινέλλιος	3,5-4,1	Αμφίβολοι	2,8-3,6
Βολφραμίτης	7,0- 7,5	Χρυσοβήρυλλος	3,5-3,8	Μαρμαρυγίες	2,7-3,1
Κασσιτερίτης	6,8- 7,1	Αδάμας	3,5	Άστριοι	2,5-2,7
Σεελίτης	5,9- 6,1	Τοπάζιο	3,4-3,6	Χαλαζίας	2,6
Μαγνητίτης	5,1	Ιαδείτης	3,3-3,5		
Μοναζίτης	4,9- 5,3	Γρανάτης	3,1-4,8		
Ζιρκόνιο	4,6- 4,7	Τουρμαλίνης	2,9-3,2		
Ιλμενίτης	4,6- 5,0	Βήρυλλος	2,6-2,8		
Χρωμίτης	4,1- 4,9				
Ρουτίλιο	4,1- 4,2				

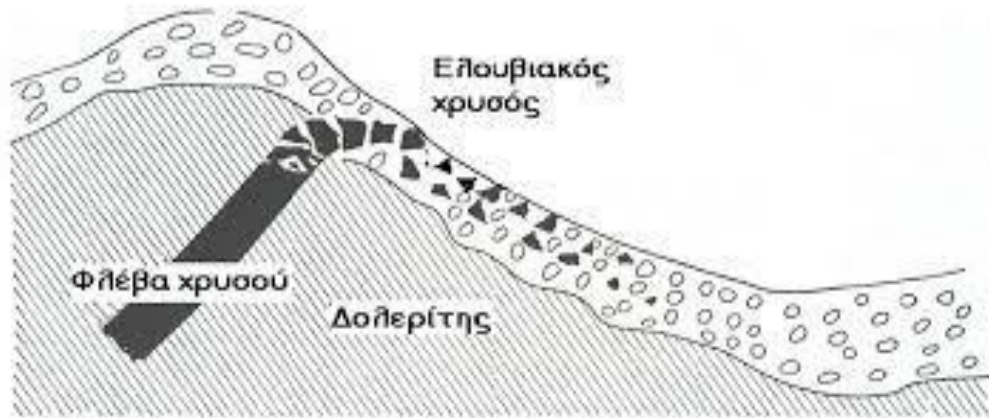
1.2. ΤΥΠΟΙ ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

Ανάλογα με την θέση στην οποία έχουν σχηματιστεί και το μέσο με το οποίο μεταφέρθηκαν, τα προσχωματικά κοιτάσματα χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

Α) Ελλουβιακά (eluvial deposits): Με τον θρυμματισμό κάποιων πετρωμάτων και την απομάκρυνση ορισμένων ελαφρών ορυκτών, μπορεί να γίνει εμπλουτισμός σε κάποια άλλα ορυκτά με μεγάλο ειδικό βάρος. Για παράδειγμα τα ορυκτά του χρυσού (Au), του λευκόχρυσου (Pt) και του κασσιτέρου (Sn), τα οποία είτε μετακινούνται ελάχιστα (ελλουβιακές αποθέσεις-eluvial placers), είτε δεν μετακινούνται καθόλου (υπολειμματικές αποθέσεις-residual placers) υπολειμματικά κοιτάσματα (Μανουσάκη-Ορφανουδάκη 2014).

Σχηματίζονται σε πλαγιές λόφων με μικρή ή χωρίς καθόλου μετακίνηση. Τα βαρέα ορυκτά συγκεντρώνονται κοντά στη μητρική πηγή, ενώ τα ελαφρά (μη ανθεκτικά) ορυκτά καταστρέφονται και ξεπλένονται από την βροχή ή παρασύρονται από τον άνεμο. Με αυτή την διαδικασία γίνεται μερικός εμπλουτισμός, λόγω μείωσης του όγκου. Έτσι, τα κοιτάσματα αυτά σχηματίζονται όταν το μητρικό πέτρωμα είναι πλούσιο σε βαρέα ορυκτά (Μπατσάλας 2006). Απαραίτητη προϋπόθεση στη δημιουργία ελλουβιακών κοιτασμάτων είναι η συνεχής τροφοδοσία σε προϊόντα αποσάθρωσης και η ύπαρξη κατάλληλου ανάγλυφου (Εικόνα 1.1)

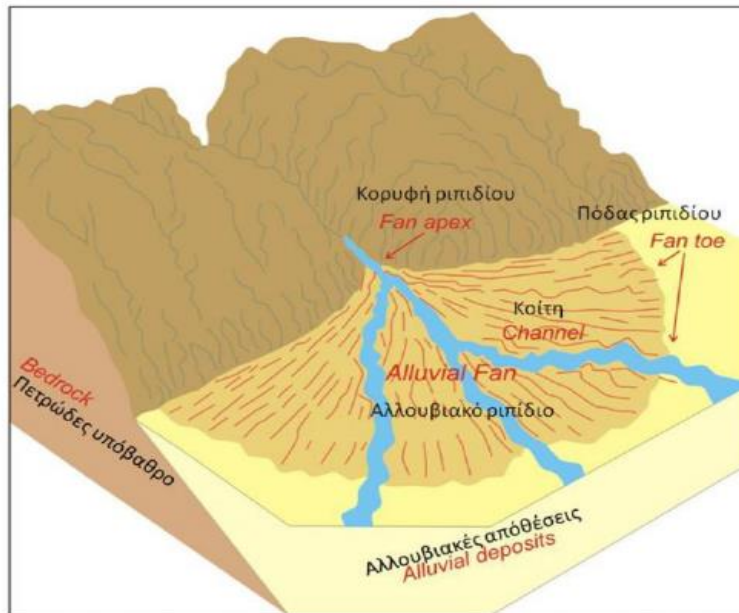
(Μιχαηλίδης κ.ά. 1986). Τα σπουδαιότερα κοιτάσματα είναι του χρυσού, του λευκόχρυσου και του κασσιτερίτη.



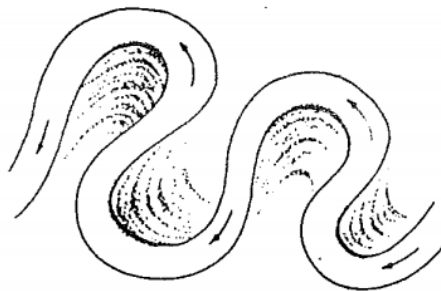
Εικόνα 1.1 Ελλουβιακά κοιτάσματα (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

B) Αλλουβιακά (alluvial deposits): Κωνικές αποθέσεις υλικών σε σημεία με απότομη αλλαγή του ανάγλυφου (Αλλουβιακά ριπίδια) (Εικόνα 1.2) ή Ποτάμια (φαινόμενο απόθεσης σε κοίτες υδάτινων ρευμάτων) (Μπατσάλας 2006). Το κινούμενο νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τον διαχωρισμό και την απόθεση των ορυκτών. Στα ποτάμια, η ροή του νερού εξαρτάτε από την κλίση του πυθμένα, την έξαρση και την βύθιση (μιας περιοχής) και την κατεύθυνση ροής. Όλα τα παραπάνω, δεν είναι σταθερά με αποτέλεσμα να επηρεάζουν και την ταχύτητα του νερού. Τα βαρέα ορυκτά αποτίθενται σε σημεία, όπου η ταχύτητα του νερού ελαττώνεται (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

Με την μείωση της ταχύτητας του νερού, τα υλικά υφίστανται καθίζηση από τα μεγαλύτερα σε κόκκους βαρέα ορυκτά, σε μικρότερα σε κόκκους βαρέα ορυκτά και τέλος σε μεγάλους κόκκους ελαφρών ορυκτών. Η δημιουργία προσχωματικών αποθέσεων έχει ιδιαίτερη σχέση και με την κίνηση του νερού σε μαιάνδρους. Στο εξωτερικό μέρος της καμπύλης του μαιάνδρου και στα κεντρικά τμήματα της κοίτης, το νερό κινείται με μεγαλύτερη ταχύτητα (η απόθεση γίνεται πιο δύσκολη), ενώ στο εσωτερικό μέρος με μικρότερη. Για τον λόγο αυτό, το εσωτερικό μέρος του μαιάνδρου αποτελεί κατάλληλη θέση για απόθεση βαρέων ορυκτών (Εικόνα 1.3) (Μπατσάλας 2006). Τα ποτάμια αλλουβιακά κοιτάσματα είναι τα σημαντικότερα από άποψη μηχανικής συγκέντρωσης, αφού έχουν δώσει την μεγαλύτερη ποσότητα χρυσού, λευκόχρυσου, πολύτιμων λίθων και κασσιτερίτη (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

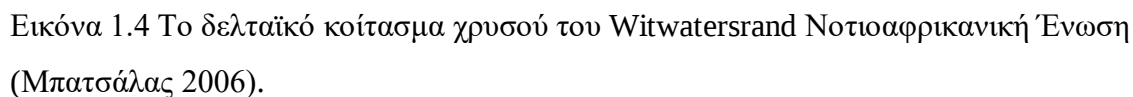


Εικόνα 1.2 Σχηματική αναπαράσταση Αλλουβιακού ριπιδίου και των μορφολογικών χαρακτηριστικών (Λεβέντη 2017).



Εικόνα 1.3 Απόθεση προσχωματικών ορυκτών στο εσωτερικό μέρος του μαιάνδρου (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

Γ) Δελταϊκά: Συνδέονται με τις μορφολογικές δομές, που σχηματίζονται από διαδοχικούς και πολύπλοκους αποθετικούς μηχανισμούς, στις θέσεις εκβολής των ποταμών σε μεγάλες λεκάνες συγκέντρωσης νερού (λίμνες, θάλασσες, ωκεανούς). Από πολλούς ερευνητές θεωρούνται σαν μορφές που μπορεί να τοποθετηθούν μεταξύ ποτάμιων και παράκτιων προσχωματικών αποθέσεων. Τα βαρέα κλάσματα των προϊόντων της αποσάθρωσης που μεταφέρονται μέχρι εκεί δημιουργούν συνήθως επιμήκεις και αραιά κατανεμημένες σωληνοειδής συγκεντρώσεις («κρουνοί»). Για παράδειγμα, αναφέρονται οι (μη εκμεταλλεύσιμες) συγκεντρώσεις χρυσού της Νέας Ζηλανδίας, των πλατινοειδών της Κολομβίας και του ιμηνίτη στις εκβολές του Νείλου. Ένα από τα πιο σημαντικά κοιτάσματα της Γης, που από πολλούς ερευνητές θεωρείται σαν δελταϊκός σχηματισμός ενός



Δ-1) Αποθέσεις ακτών (beach placers): Τα παράκτια προσχωματικά κοιτάσματα τροφοδοτούνται από αλλουβιακά υλικά των παραποτάμιων περιοχών. Στον θαλάσσιο χώρο εισέρχονται τα κλαστικά υλικά και παρασύρονται κατά μήκος της ακτής από τα ρεύματα. Κατά την διαδικασία αυτή διαφοροποιούνται και σχηματίζουν τα παράκτια προσχωματικά

κοιτάσματα (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986). Τα κύματα ωθούν το υλικό πάνω στην ακτή και καθώς υποχωρεί μεταφέρει μόνο τα ελαφριά υλικά. Ενώ, τα βαρέα υλικά απομένουν και συγκεντρώνονται στις ακτές (Μπατσάλας 2006).

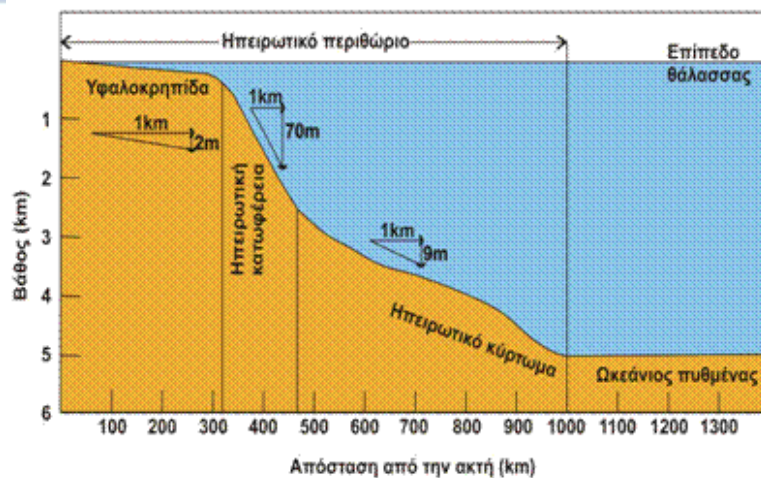
Οι αποθέσεις των παράκτιων προσχωματικών κοιτασμάτων εξαπλώνονται σε μεγάλες αποστάσεις δεκάδων έως εκατοντάδων χιλιομέτρων. Το πάχος των εμπλουτισμένων σε χρήσιμα ορυκτά δεν ξεπερνάει το 1 μέτρο (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986). Τα σημαντικότερα ορυκτά στις παράκτιες αποθέσεις είναι: κασσιτερίτης, διαμάντι, χρυσός, ιλμενίτης, μαγνητίτης, μοναζίτης, ρουτίλιο, ξενότιμο, ζirkόνιο (Εικόνα 1.5) (Μπατσάλας 2006). Δευτερογενή μηχανικά κοιτάσματα από αποσάθρωση και μεταφορά είναι τα κοιτάσματα ρουτίλιο, ιλμενίτης και ζirkόνιο, κατά τόπους και τα κοιτάσματα κασσιτερίτης και διαμαντιών (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).



Εικόνα 1.5 Παράκτιες συγκεντρώσεις προσχωματικού ιλμενίτη στην Αυστραλία (Παπαβασιλείου 2004).

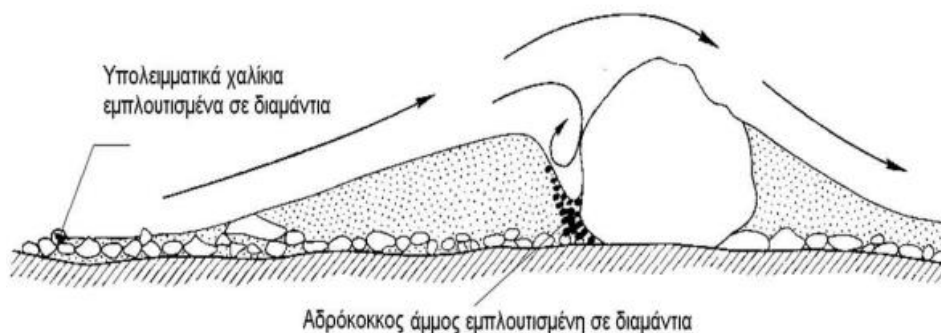
Δ-2) Αποθέσεις υφαλοκρηπίδας (offshore placers): Από γεωλογική άποψη ως υφαλοκρηπίδα ορίζεται το τμήμα του βυθού, όπου ξεκινά από την ακτογραμμή και αποτελεί ομαλή προέκταση της ακτής κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. (Δανεσάκης 2015) Μια ζώνη πλάτους λίγων χιλιομέτρων από την ακτή (Εικόνα 1.6). Σχηματίζεται από την βύθιση παράκτιων ή αλλουβιακών αποθέσεων. Σε μια υφαλοκρηπίδα μπορεί να εντοπιστούν

οικονομικά εκμεταλλεύσιμες προσχωματικές αποθέσεις. Η εκμετάλλευση προσχωματικών κοιτασμάτων γίνεται με τη χρήση βυθοκόρων (Μπατσάλας 2006).



Εικόνα 1.6 Περιθώρια Ατλαντικού τύπου (Παράδειγμα για απεικόνιση υφαλοκρηπίδας) (Σπηλιώτη 2017).

Ε) Αιολικές αποθέσεις (aeolian placers deposits): Τα αιολικά κοιτάσματα σχηματίζονται σε ξηρές περιοχές, όπου τα ιζήματα αποτίθενται μέσω του ανέμου (Εικόνα 1.7). Η διαδικασία είναι ανάλογη με τα αλλουβιακά κοιτάσματα. Με την διαφορά ότι το νερό αντικαθιστάτε από τον άνεμο, ο οποίος διαβρώνει και μεταφέρει το υλικό (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986). Τα κυριότερα είδη των αιολικών αποθέσεων είναι οι θίνες (Dunes), ο αιολικός πηλός (Loess), η σκόνη σε ωκεανούς, η σκόνη σε παγετούς και οι αποθέσεις ηφαιστειακής τέφρας (στάχτη). Η συγκέντρωση των βαρέων ορυκτών γίνεται σε θίνες και η μεταφορά του μέσω της διαδικασίας της κύλισης (Μπατσάλας 2006).



Εικόνα 1.7 Αιολικό κοιτάσμα διαμαντιών στη Ναμίμπια, Ν. Αφρική (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986).

Ζ) Αποθέσεις Παγετώνων (glacial deposits): Τα υλικά αποσάθρωσης των παγετώνων μεταφέρονται με πλαστικές κινήσεις και αποτίθενται στις περιοχές τήξης. Κατά την τήξη των

παγετώνων το νερό που δημιουργείται μετατοπίζει και εμπλουτίζει τα κλαστικά υλικά στα τοπογραφικά χαμηλότερα, όπου σχηματίζονται οι οικονομικά απολήψιμες συγκεντρώσεις. Με την διαδικασία αυτή σχηματίζεται οι μοραίνες (moraine) (Μιχαηλίδης κ.ά. 1986) (Εικόνα 1.8). Επρόκειτο για λιθώνες (μοραίνες), στα κλαστικά συστατικά των οποίων συμμετέχουν και θραύσματα μεταλλευμάτων ή άλλων ορυκτών (Μπατσάλας 2006). Τα παγετώδη και υδατοπαγετώδη κοιτάσματα σχηματίζονται ως αποτέλεσμα της καταστροφής των πηγών ή των προ-παγετωδών, κυρίως αλλουβιακών, προσχώσεων και του εγκλωβισμού των παραγωγικών αποθέσεων ιζημάτων από μια κινούμενη μοραίνα. Οι παγετώδεις αποθέσεις χαρακτηρίζονται από χαμηλές συγκεντρώσεις χρήσιμων συστατικών και κακής διαλογής κλαστικού υλικού. Οι περισσότερες από αυτές, με εξαίρεση τις υδατοπαγετώδεις, δεν έχουν βιομηχανική σημασία (ΜΠΡ 2007). Τα κυριότερα είναι τα Ελλουβιακά και Αλλουβιακά προσχωματικά κοιτάσματα.



Εικόνα 1.8 Μοραίνες ή Λιθώνες (Λυμπερόπουλος 2021).

1.3 ΧΡΥΣΟΣ (Au)

Ο χρυσός (Au) ανήκει στην ομάδα IB του περιοδικού πίνακα, με ατομικό αριθμό 79, ατομικό βάρος 196,967, πυκνότητα $19,32 \text{ gr/cm}^3$ και σημείο τήξης στους 1064°C . Συναντάται στην φύση αυτοφυής, υπό μορφή φυσικών κραμάτων και σε μια πληθώρα ορυκτών που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2 (Μπατσάλας 2006). Σε ελάχιστες περιπτώσεις ο αυτοφυής χρυσός περιέχει και άλλα μεταλλικά στοιχεία όπως όσμιο (Os), λευκόχρυσο (Pt), ιρίδιο (Ir) κτλ. Στη Ελλάδα εμφανίζεται σε ελεύθερη μορφή ως αυτοφυής (Βαβελίδης 1998). Το σχήμα των κρυστάλλων είναι κυρίως οκταεδρικό. Αδρανή πιο συχνά με τη μορφή κόκκων ακανόνιστου σχήματος που ενσωματώνονται σε χαλαζία ή σε μάζες μεταλλευμάτων

και ψήγματα. Το χρώμα του είναι χρυσοκίτρινο. Η λάμψη είναι μεταλλική. Σύμφωνα με την κλίμακα Mohs η σκληρότητα είναι χαμηλή 2,5 - 3,0 (μπορεί να κοπεί με μαχαίρι). Είναι εύπλαστο και όλκιμο. Ένα κομμάτι χρυσού στο μέγεθος ενός μπιζελιού, μπορεί να τεντωθεί σε μήκος 15 km με διάμετρο 0,000002 mm. Είναι αδιάλυτο σε οξέα, εκτός από το βασιλικό ύδωρ (μείγμα τριών μερών ισχυρού υδροχλωρικού οξέος και ενός μέρους ισχυρού νιτρικού οξέος) (BSU η.δ.). Ο χημικός συμβολισμός είναι Au και προέρχεται από την λατινική λέξη Aurum.

Τα συνολικά παγκόσμια αποθέματα χρυσού (σύμφωνα με την IS Mineral, 2015) ανέρχονται σε πάνω από 140.000 τόνους, τα αποδεδειγμένα αποθέματα ανέρχονται σε 62.000 τόνους. Το Γεωλογικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ εκτιμά τα παγκόσμια αποδεδειγμένα αποθέματα χρυσού σε ελαφρώς χαμηλότερο επίπεδο, στους 55 χιλιάδες τόνους. Τα μεγαλύτερα αποθέματα (εκτιμώμενα, αποδεδειγμένα και συνολικά) βρίσκονται στη Νότια Αφρική (6 και 17,2) και τη Ρωσία (8 και 13,1), που αντιπροσωπεύουν περίπου το 1/4 των παγκόσμιων αποθεμάτων χρυσού. Άλλες 12 χώρες διαθέτουν σημαντική βάση πόρων (Старостин и т.д. 2016).

Πίνακας 1.2 Τα κυριότερα ορυκτά και κράματα του χρυσού (Μπατσάλας 2006).

Μεταλλικός χρυσός (ατοφυής και κράματα)		Τελουρίδια χρυσού	
Ατοφυής χρυσός (native gold)	Au	Συλβανίτης (sylvanite)	(Au, Ag) ₂ Te ₄
Ήλεκτρο (electrum)	(Au, Ag)	Κοστοβίτης (kostovite)	CuAuTe ₄
Κράμα χρυσού (gold alloy)	(Au, Ag, Hg)	Καλαβερίτης (calaverite)	AuTe ₂
γ-Αμάλγαμα χρυσού (γ-gold amalgam)	(Au, Ag) Hg	Μοντμπραγίτης (montbrayite)	(Au,Sb) ₂ Te ₃
Γεισανίτης (weishanite)	(Au,Ag) ₃ Hg ₂	Κρενερίτης (krennerite)	(Au,Ag)Te ₂
Χρυσοκυπρίτης (auricupride)	Cu ₃ Au	Πετζίτης (petzite)	Ag ₃ AuTe ₂
Τετρα-χρυσοκυπρίτης (tetra-auricupride)	CuAu	Μπιλιμπινσκίτης (bilibinskite)	Au ₃ Cu ₂ PbTe ₂
Χρυσοσιβίτης (aurostibite)	AuSb ₂	Μουθμαννίτης (muthmannite)	(Ag,Au)Te
Ανυϊνίτης (anyuinite)	Au(Pb,Sb) ₂	Μπεζμερντοβίτης (bezsmertnovite)	Au ₄ Cu(Te,Pb)
Μαλδονίτης (maldonite)	Au ₂ Bi	Μπογκντανοβίτης (bogdanovite)	(Au, Te, Pb) ₃ (Cu, Fe)
Σβυαγκινσεβίτης (zvyagintsevite)	(Pd,Pt,Au) ₃ (Pb, Sn)	Μπακχορνίτης (buckhornite)	AuPb ₂ BiTe ₂ S ₃
Χουντσουνίτης (hunchunite)	Au ₂ Pb		
Γουαντζιανγκίτης (yuanjiangite)	AuSn		

Η μεταφορική ικανότητα του νερού περιορίζεται σε σημεία, όπου μειώνεται η κλίση του. Όπως στον πυθμένα, σε νησίδες άμμου, σε σημεία που ενώνονται ποτάμια με παραπόταμους κτλ. Στις θέσεις αυτές, οι κόκκοι χρυσού καθιζάνουν στα ιζήματα και

συγκρατούνται στις ρίζες των φυτών, οι οποίες αποτελούν παγίδες σε πλημμυρικές συνθήκες. Οι μεγάλες κροκάλες μέσα σε μια κύτη αποτελούν εμπόδιο.

Στην Ελλάδα οι θέσεις έρευνας του προσχωματικού αλλουβιακού τύπου εντοπίζεται σε συμβολή χειμάρρων με παραποτάμους, σε λίμνες, σε νησίδες, και αντιβαθμίδες ποταμών. Με αυτή την διαδικασία τα αλλουβιακά ιζήματα αυξάνουν την περιεκτικότητα σε χρυσό, ενώ σχηματίζονται στρώματα με μαύρη άμμο. Μαύρη άμμος με περιεκτικότητα χρυσού μπορεί να περιλαμβάνει και αλλά βαρέα ορυκτά, όπως ιλμενίτης, χρωμίτης, μαγνητίτης κτλ. (Μέλφος και Βουδούρης 2022). Γενικά, ο προσχωματικός χρυσός συνυπάρχει και με άλλα βαρέα ορυκτά. Για τον σχηματισμό προσχωματικών κοιτασμάτων χρυσού ευθύνεται η υψηλή πυκνότητα των κόκκων χρυσού ($15-19,3 \text{ gr/cm}^3$) και η χημική τους αδράνεια στις επιφανειακές συνθήκες (Κατσίφας 2012).



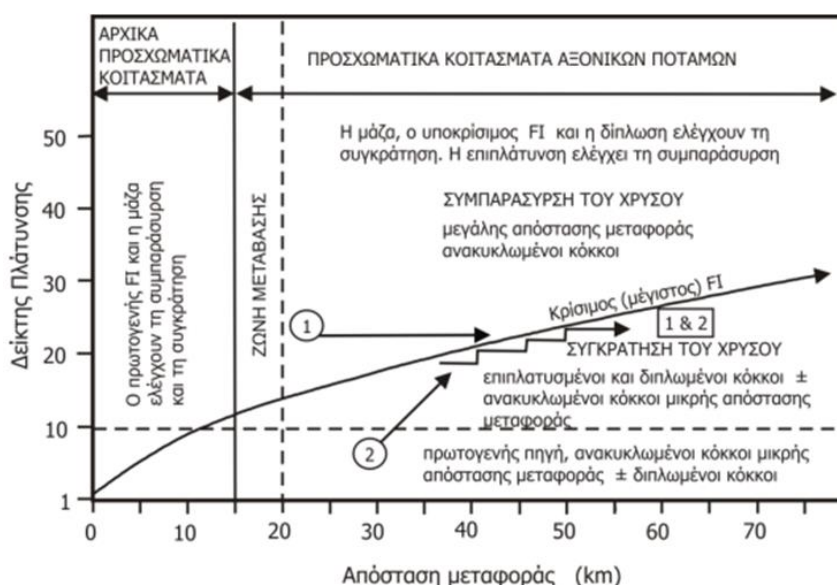
Εικόνα 1.9 Προσχωματικός χρυσός (Βαβελίδης 1998).

Τα ποτάμια προσχωματικά κοιτάσματα χρυσού (Au) κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

Α) Αρχικά προσχωματικά κοιτάσματα (primitive placers): Ορίζονται αυτά που βρίσκονται κοντά στις πρωτογενείς εμφανίσεις χρυσού ($< 10-20$ χιλιόμετρα). Συνήθως περιορίζονται σε νεαρές κοιλάδες, μετρίων και υψηλών κλίσεων, τα οποία δέχονται ενεργή τεκτονική ή/και απογύμνωση. Επίσης, εντοπίζονται και μέσα σε κοιλάδες αξονικών ποταμών. Οι κόκκοι του χρυσού χαρακτηρίζονται από χαμηλού έως μεσαίου βαθμού στρογγυλότητας και απουσία διπλωμένων κόκκων (Χαριστός 2010).

Β) Προσχωματικά κοιτάσματα αξονικών ποταμών (trunk placers): Σχηματίζονται σε ποτάμια μικρής κλίσης, τα οποία καταλαμβάνουν αξονική θέση σε ένα υδρογραφικό δίκτυο και τα υλικά που μεταφέρει στον πυθμένα της κοίτης είναι κυρίως κροκάλες. Τα προσχωματικά κοιτάσματα αξονικών ποταμών εμφανίζονται στα κατάντη των αρχικών ή/και

παλαιοπροσχωματικών κοιτασμάτων. Συνήθως, ο προσχωματικός χρυσός (Εικόνα 1.9) αυτής της κατηγορίας έχει υποστεί πολλαπλούς ιζηματολογικούς κύκλους. Οι κόκκοι χρυσού χαρακτηρίζονται από μεσαίου έως υψηλού βαθμού στρογγυλότητα και παρουσιάζεται ποικιλία διπλωμένων κόκκων. Σύμφωνα με το Σχήμα 1.1, στην ζώνη μεταβίβασης και στα κοιτάσματα αξονικών ποταμών, η μεταφορά και συμπαράσυρση του χρυσού καθορίζεται από τον βαθμό επιπλάτυνση των κόκκων του. Αντίθετα, η συγκράτηση των κόκκων καθορίζεται από την μείωση του δείκτη πλάτυνσης από την κρίσιμη τιμή. Η επιπλάτυνση των κόκκων χρυσού είναι ένα έμπιστο μέσω αξιολόγησης, ιδιαίτερα σε απόστασης μεταφοράς μεγαλύτερη των 3 χιλιομέτρων, από την πηγή των κόκκων (Χαριστός 2010).

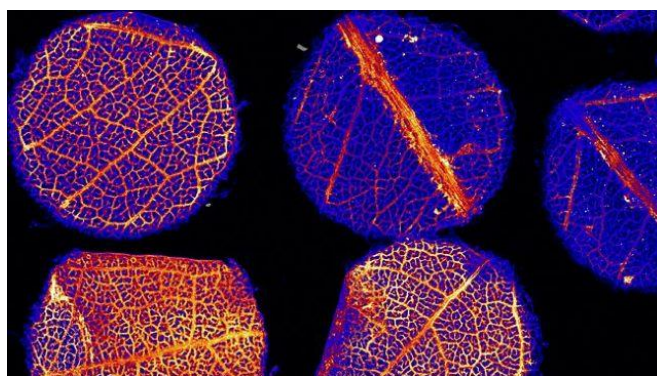


Σχήμα 1.1 Η σχέση μεταξύ των μορφολογικών χαρακτηριστικών και απόστασης μεταφοράς προσχωματικού χρυσού. Με το 1 συμβολίζονται διπλωμένοι κόκκοι από απομακρυσμένες μητρικές πηγές και με το 2 κόκκοι από κοντινές μητρικές πηγές (Χαριστός 2010).

Ο χρυσός στα προσχωματικά κοιτάσματα εμφανίζεται και με την μορφή ψηγμάτων (puggets). Ο προσχωματικός χρυσός υπό μορφή ψηγμάτων απομένει στα ιζήματα χειμάρρων, ποταμών και σε βάσεις πρανών των υψωμάτων. Οι κόκκοι χρυσού (ψηγμάτα χρυσού) διαβρώνονται από το σκληρό πέτρωμα του γεωλογικού υποβάθρου και μεταφέρονται μέσω της βαρύτητας σε σημεία με χαμηλό ανάγλυφο. Συνήθως με μέγεθος μικρότερο από 2 mm (Μπάτσαλας 2006 και Μπαρούνης 2013). Ωστόσο, έχουν βρεθεί κόκκοι με μήκος έως 61 cm στο Welcome Stranger το 1869 στην Αυστραλία (O'Shea 2019).

Επίσης, μια ομάδα ερευνητών στην Αυστραλία εντόπισαν ψήγματα χρυσού σε φύλλα ευκαλύπτου (Εικόνα 1.10). Όπως εξηγούν οι ειδικοί από τον Οργανισμό Επιστημονικών και

Βιομηχανικών Ερευνών της Κοινοπολιτείας (CSIRO), τα δέντρα που μεγαλώνουν πάνω από κοιτάσματα χρυσού εντοπίζονται σε βάθος περίπου 40 μέτρων και αντλούν το πολύτιμο μέταλλο ενσωματώνοντάς το στα φύλλα τους. Οι επιστήμονες καταλήγουν στο γεγονός, ότι η μελέτη των φύλλων μπορεί να προσδιορίσει την ακριβή θέση των κοιτασμάτων, κυρίως στις δύσβατες περιοχές όπου οι συμβατικές μέθοδοι αναζήτησης χρυσού είναι δύσκολο να τεθούν σε εφαρμογή. Τα «χρυσόδεντρα» εντοπίζονται σε δύο περιοχές στη δυτική Αυστραλία. Η ερευνητική ομάδα διαπίστωσε ότι ο χρυσός αντλείται από τις ρίζες και μέσω του αγγειακού τους συστήματος αποθηκεύεται στα φύλλα τους, σε συγκεντρώσεις 100 ppb (Βενιού 2013).



Εικόνα 1.10 Ψήγματα χρυσού πάνω σε φύλλα ευκαλύπτου (Βενιού 2013).

Τα κοιτάσματα χρυσού μπορούν να βρεθούν και σε παλαιοπροσχωματικά κοιτάσματα (paleo placers). Αποτελούνται από συγκεντρώσεις ορυκτών σε κοιτάσματα, στα οποία το υλικό υποδοχής είναι ένα παγιωμένο πέτρωμα. Ίζημα που αποτελείται από αποσαθρωμένα θραύσματα, τα οποία στη συνέχεια συγκολλήθηκαν μεταξύ τους. Το πρόθεμα "παλαιό" σημαίνει απλώς "αρχαίο" (Hanchar 1998).

1.4 Η ΟΜΑΔΑ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM)

Το χημικό στοιχείο λευκόχρυσος (Pt) γνωστό και ως πλατίνα (platinum) μπορεί να βρεθεί ως ελεύθερο μέταλλο, αλλά με την ομάδα του (PGM). Η ομάδα του λευκόχρυσου αποτελείται από μια οικογένεια 6 μετάλλων: το όσμιο (Os), το ιρίδιο (Ir), το ρουθήνιο (Ru), το ρόδιο (Rh), τον λευκόχρυσο (ή πλατίνα όπως είναι εμπορικά γνωστός) (Pt) και το παλλάδιο (Pd). Συνήθως τα μέταλλα της ομάδας και τα ορυκτά της, συντομογραφούνται ως PGM. Στο παρόν έγγραφο χρησιμοποιούμε τα PGM για να αναφερθούμε στα ορυκτά της ομάδας του λευκόχρυσου (Gunn et al. 2009).

Τα μέταλλα αυτά έχουν παρόμοιες ατομικές δομές με αποτέλεσμα να παρουσιάζουν ομοιότητες στις χημικές φυσικές και μηχανικές ιδιότητες. Είναι όλα τεφρόλευκα, στιλπνά, όλκιμα και εύπλαστα μέταλλα. Όπου υπάρχει ένα από αυτά, τα άλλα μέλη της οικογένειας είναι συνήθως και αυτά παρόντα σε διαφορετικές ποσότητες. Συνδυάζονται συνήθως μεταξύ τους για να σχηματίσουν τα κράματα οσμυρίδιο και ιριδόσμιο. Δεν μπορούν να διαχωριστούν από τον χρυσό με πλύσιμο, αλλά με αμαλγάματα. Επίσης, δεν μπορούν να ενωθούν με τον υδράργυρο (Hg). Τα μέλη της ομάδας του λευκόχρυσου εμφανίζονται στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους και εντοπίζονται με την μορφή κραμάτων σε προσχωματικά κοιτάσματα. Μαζί με τον χρυσό και τον άργυρο (Ag) είναι γνωστά ως πολύτιμα μέταλλα (‘‘Part I: Platinum Placers and Deposits’’).

Συμφωνά με την Κωνσταντοπούλου (1990), το Όσμιο (Os) είναι το κυανότερο μέταλλο, οξειδώνεται εύκολα και εκπέμπει δηλητηριώδης ατμούς. Το Ιρίδιο (Ir) έχει λαμπερότερο λευκό χρώμα και είναι εύθραυστο. Το Ρουθήνιο (Ru) μοιάζει ως προς το χρώμα με το λευκόχρυσο. Έχει παρόμοιά συμπεριφορά με το όσμιο, αλλά πλεονεκτεί γιατί οξειδώνεται δυσκολότερα. Το Ρόδιο (Rh) έχει κυανόλευκο χρώμα του αλουμινίου. Είναι εύπλαστο και μαλακό σε κόκκινη φλόγα. Ο λευκόχρυσος (Pt) είναι το ευρύτερα χρησιμοποιημένο μέταλλο από τα PGM. Είναι τεφρόλευκο μέταλλο, μαλακό, εύπλαστο και δεν οξειδώνεται. Είναι καλός αγωγός θερμότητας και ηλεκτρισμού, αλλά έχει χαμηλό συντελεστή διαστολής από τα άλλα μέταλλα. Χρησιμοποιείται ιδιαίτερα στην κοσμηματοποιία, μόνο του ή σαν κράμα με χρυσό και με άλλα μέταλλα της ομάδας PGM. Το Παλλάδιο (Pd) έχει χρώμα λευκό του αργύρου. Είναι μαλακό και εύπλαστο (Κωνσταντοπούλου 1990). Στον Πίνακα 1.3 περιγράφονται αναλυτικά οι ιδιότητες των μετάλλων της ομάδας PGM.

Γίνεται διάκριση μεταξύ πρωτογενών και προσχωματικών κοιτασμάτων (PGM). Όλα τα πρωτογενή κοιτάσματα PGM που τίθενται σε εκμετάλλευση είναι σύνθετα και περιέχουν χρυσό, νικέλιο, χαλκό, άργυρο, κοβάλτιο και άλλα μέταλλα σε διαφορετικές συγκεντρώσεις. Μεταξύ των προσχωματικών κοιτασμάτων υπάρχουν τόσο τα σύνθετα (κατά κανόνα, χρυσό-πλατινένια) όσο και τα καθαρά πλατινένια (πλατινοειδή) (Забродский 2014).

Πίνακας 1.3 Φυσικές ιδιότητες των στοιχείων της ομάδας του λευκόχρυσου (Κωνσταντοπούλου 1990).

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Os	Ir	Ru	Rh	Pt	Pd
Όμορφη κρυσταλλικού πλέγματος	εξαγωνική	κυβική	εξαγωνική	κυβική	κυβική	κυβική
Εσταθερά κρυσταλλικού πλέγματος (Å)	2.7341	3.8394	2.7058	3.8031	3.9231	3.8898
Ειδικό βάρος (στους 20°C) (Kgr x m ⁻³ x 10 ⁻³)	22.5	22.4	12.2	12.4	21.45	12.0
Σημείο τήξεως (°C)	3050	2454	2334	1967	1768	1555
Σημείο ζέσεως (°C)	5027	4130	3900	3727	3827	3140
Ειδική αντίσταση (στους 0°C) (μΩcm)	8.12	4.71	6.80	4.33	9.81	9.93
Δύναμη εφελκυσμού (kN m ⁻² x 10 ⁻⁶)	-	1100	496	688	124	172
Μέτρο ελαστικότητας στην τάση (kN m ⁻² x 10 ⁻⁶)	556	516	416	316	172	117
Εκκληρότητα (VHN)	300-670	200-240	200-350	100-102	40-42	40-42
Ακτίνα ιόντος (cm ⁻⁸)	1.350	1.355	1.336	1.342	1.385	1.373
Χρώμα	κυανό- τεφρο	λευκό	τεφρο- λευκό	κυανό- λευκό	τεφρο- λευκό	λευκό

Ιστορικά μιλώντας, η πλατίνα ήταν γνωστή στους αρχαίους, διότι εμφανιζόταν σε πολλά αλλουβιακά στρώματα που σχετίζονταν με τον χρυσό και παρέμενε μαζί του και μετά την έκπλυση του χρυσού. Χρησιμοποιήθηκε ακόμη και από τους προκολομβιανούς Ινδιάνους της Νότιας Αμερικής. Η ύπαρξή του επισημάνθηκε από τον Πλίνιο, τον αρχαίο Ρωμαίο ιστορικό, ωστόσο θεωρήθηκε ότι ήταν κάποια περίεργη μορφή αργύρου, εξού και η ονομασία (Plata είναι η ισπανική ονομασία του αργύρου).

Το 1735 αναγνωρίστηκε ως ανεξάρτητο στοιχείο από τον χημικό Uolla στην Κολομβία της Νότιας Αμερικής και το 1740 εξήχθη από την Τζαμάικα στην Ευρώπη. Κοντά στα μέσα του 18^{ου} αιώνα, η ισπανική κυβέρνηση απαγόρευσε την περαιτέρω εξόρυξή του και διέταξε να πεταχτεί όλη η πλατίνα στις θάλασσες για να αποτραπεί η χρήση της ως νοθευτικό του χρυσού (McDonald et al. 1982). Το μεγαλύτερο μέρος προσχωματικής πλατίνας στον κόσμο βρίσκεται στη Ρωσία. Τον 19^ο αιώνα, τα αλλουβιακά κοιτάσματα στα Ουράλια Όρη εξορύσσονταν σε μεγάλο βαθμό. Σήμερα, η Ρωσία είναι η δεύτερη μεγαλύτερη σε παγκόσμιο επίπεδο παραγωγός PGM (Vodyanitskii et al. n.d.).

Τα κοιτάσματα PGM κατεργάζονταν επί αιώνες και αποτελούσαν την κύρια πηγή πλατίνας μέχρι την ανακάλυψη των κοιτασμάτων στην περιοχή Sudbury του Καναδά και του υφάλου Merensky στη Νότια Αφρική. Σημαντική ποσότητα λευκόχρυσου εξήχθη ως παραπροϊόν από την αλλουβιακή εξόρυξη χρυσού στις δυτικές ΗΠΑ τον 19^ο αιώνα. Η πλατίνα είχε επίσης προηγουμένως εξορυχθεί με την εκσκαφή ποτάμιων ιζημάτων κάτω από τον ποταμό Salmon, κοντά στον κόλπο Goodnews Bay, στη δυτική Αλάσκα. Παλαιότερα εξορύσσονταν επίσης PGM από αλλουβιακά κοιτάσματα στη Νέα Ζηλανδία και τη

Βρετανική Κολομβία του Καναδά. Η Ρωσία εξακολουθεί να παράγει σημαντικές ποσότητες πλατίνας από παρόμοιες πηγές (Gunn et al. 2009).

Τα κοιτάσματα μεταλλευμάτων πλατίνας αντιπροσωπεύονται κυρίως από Μεσοζωικά και Καινοζωικά ελλουβιακά και αλλουβιακά κοιτάσματα πλατίνας, ιριδίου και οσμίου. Τα μεγαλύτερα από αυτά μπορούν να εντοπιστούν σε μήκος δεκάδων χιλιομέτρων. Σχηματίστηκαν ως αποτέλεσμα της διάβρωσης και της καταστροφής των πλατινοφόρων, κλινοπυροξενιτών-δουνιτών και των οροσειρών σερπεντίνης-χαρτσζβουργίτη. Βιομηχανικά μεταλλεία είναι γνωστά τόσο στις κρατονικές πλατφόρμες (της Σιβηρίας και της Αφρικής), όσο και στα Ουράλια, στην Κολομβία (περιοχή Choco), στην Αλάσκα (Goodnews Bay), κ.λπ. Τα μεταλλικά ορυκτά της ομάδας του λευκόχρυσου στα μεταλλεία συχνά συνυπάρχουν μεταξύ τους, καθώς και με χρωμίτες, ολιβίνες και σερπεντίνες (Кривцов 1988, Додин 2003).

Επί του παρόντος, τα παγκόσμια αποθέματα μετάλλων της ομάδας PGM ανέρχονται σε περισσότερους από 100 χιλιάδες τόνους, εκ των οποίων περίπου το 90% εμπίπτει σε τρεις μεγάλες περιοχές μεταλλευμάτων: Bushveld (Νότια Αφρική), Norilsk (Ρωσία) και Great Dyke (Ζιμπάμπουε), με την κύρια παραγωγή PGM μέχρι σήμερα να προέρχεται από κοιτάσματα ακατέργαστων μεταλλευμάτων στη Νότια Αφρική και τη Ρωσία (Петров и т.д. 2013).

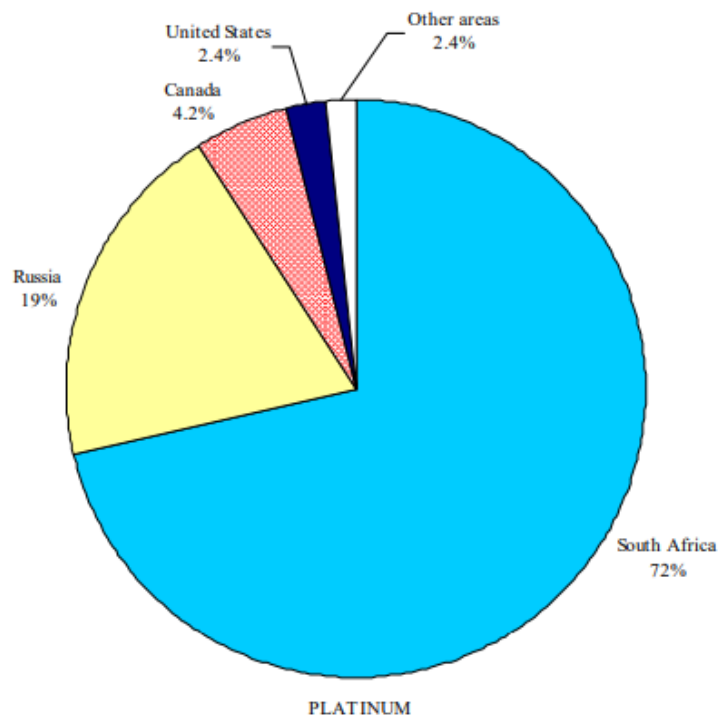
Οικονομικά κοιτάσματα είναι τα πρωτογενή (μαγματικά κοιτάσματα) και τα δευτερογενή (προσχωματικά κοιτάσματα). Τα αλλουβιακά κοιτάσματα είναι συγκεντρώσεις βαρέων ορυκτών που μεταφέρονται και εναποτίθενται με άμμο και κροκάλες από ποταμούς. Οι πυκνοί κόκκοι ορυκτών που περιέχουν λευκόχρυσο συγκεντρώνονται σε ορισμένες θέσεις από όπου μπορούν να εξαχθούν με ρηχή εκσκαφή ή/και εκβάθυνση (BGS Platinum 2009).

Τα κοιτάσματα των PGM ομαδοποιούνται σε 3 κατηγορίες:

- α) ενστρωμένες διεισδύσεις (Bushveld της Νότιας Αφρικής, Stillwater των ΗΠΑ και Great Dyke της Ζιμπάμπουε), στις οποίες τα PGM συγκεντρώνονται σε καθορισμένους στρωματογραφικούς ορίζοντες.
- β) μαγματικά θειούχα Ni-Cu (Noril'sk της Ρωσίας, Subury του Καναδά), στα οποία γίνεται εκμετάλλευση κυρίως των θειούχων Ni-Cu, ενώ τα PGM λαμβάνονται ως παραπροϊόντα και
- γ) προσχωματικά κοιτάσματα που συνδέονται κυρίως με διεισδύσεις τύπου Αλάσκας-Ουραλίων (Ρωσία, Κολομβία) (Χαριστός 2010).

Μέχρι το 1920 από τα προσχωματικά κοιτάσματα των Ουραλίων (Εικόνα 1.11) προερχόταν το 90% της παγκόσμιας παραγωγής λευκόχρυσου. Μεταγενέστερα, το σύνολο της παγκόσμιας παραγωγής προέρχεται από 5 κοιτάσματα Bushveld, Stillwater, Great Dyke, Noril'sk και Subury. Ανάμεσα σε όλα αυτά το κοιτάσμα του Bushveld αποτελεί το κύριο

παραγωγό. Υπάρχουν και άλλες κατηγορίες κοιτασμάτων μεταλλευμάτων, στις οποίες οι συγκεντρώσεις των PGM είναι χαμηλές και παρέχουν μικρό ή ανύπαρκτο οικονομικό πλεονέκτημα σε σύγκριση με το κύριο προϊόν (Χαριστός 2010). Στο Σχήμα 1.3 παρουσιάζεται η κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής πλατίνας.



Σχήμα 1.3 Κατανομή της παγκόσμιας παραγωγής πλατίνας και το 2002. Τα στοιχεία είναι προέρχονται από τις τιμές παραγωγής που ανέφεραν οι εταιρείες και τις εκτιμήσεις του U.S. Geological Survey (Wilburn et al. 2004).



Εικόνα 1.11 Τα Ουράλια Όρη είναι γνωστά για τα πλούσια κοιτάσματα ορυκτών. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων αιώνων η εξόρυξη ποικίλλει από μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις μέχρι μεγάλους ομίλους εξόρυξης (Platinum Processes & Uses n.d.).

2 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

2.1 ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο χρυσός, ένα από τα σημαντικότερα μέταλλα που ακόμη και ο Όμηρος το χαρακτηρίζει ως το «άριστο των μετάλλων» και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του αρχαιοελληνικού πολιτισμού. Ο χρυσός δεν φθείρεται ούτε οξειδώνεται. Αποτελεί σύμβολο δύναμης κι εξουσίας και αιτία πολέμων για την κατάκτηση μεταλλοφόρων περιοχών. Στην Αρχαία Ελλάδα, χρησιμοποιήθηκε στην νομισματοκοπία (Εικόνα 2.1), στην διακόσμηση, στην κατασκευή μικρών ειδών χρήσεως και στην αγαλματοποιία (Τζεν 2021).

Πολλοί αρχαίοι συγγραφείς αναφέρουν την εκμετάλλευση του χρυσού στην αρχαιότητα. Ο Ηρόδοτος και ο Αριστοτέλης αναφέρονται στην εξόρυξη χρυσού στον Εχέδωρο (σημερινό Γαλλικό), στην αρχαία Παιονία και σε μεταλλεία στο Δύσωρο. Ο Στράβωνας αναφέρει την περιοχή του Στρυμόνα. Επίσης, εντοπίστηκε αρχαία μεταλλευτική δραστηριότητα κοντά στην Αμφίπολη, στην περιοχή της Νιγρίτας και του Χειμάρρου (Βαβελίδης 1998).



Εικόνα 2.1 Αρχαίο Ελληνικό νόμισμα από χρυσό (Ηλιόπουλος 2022).

Στην Ελλάδα ο χρυσός βρίσκεται κυρίως αυτοφύης. Τα προσχωματικά κοιτάσματα έχουν χαμηλότερη ποσότητα αργύρου (λιγότερο από 10%), λόγω του ότι ο χρυσός μεταφέρεται στα ποτάμια. Έτσι έχουν φυσικό εμπλουτισμό των κόκκων χρυσού και φυσική απομάκρυνση του αργύρου. Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση μεταφοράς του κόκκου χρυσού από την αρχική πηγή, τόσο πιο καθαρός είναι. Αυτό είναι ένα χρήσιμο κριτήριο προσδιορισμού της πηγής προέλευσης (Βαβελίδης 1998).

Τα κοιτάσματα χρυσού στην Ελλάδα εντοπίζονται κυρίως στη Μακεδονία και τη Θράκη (Ορεστιάδα, Διδυμότειχο, Αλεξανδρούπολη, Τραϊανούπολη, Σουφλί, Βήσσα, Φέρες και περαιτέρω Κομοτηνή, Σάπες, Ξάνθη, Ίασμος, Σταυρούπολη, Κομνηνά, Γαλάνη, Προσκυνητές, Καβάλα, Χρυσούπολη, Ελευθερές, Κεραμωτή, Δράμα, Καλαμπάκι, Ελευθερούπολη, Δοξάτο, Προσοτσάνη) (Βαβελίδης 2013). Στην υπόλοιπη Ελλάδα, συναντάται στα νησιά Εύβοια, Σίφνο, Μήλο, Σάμο, Λήμνο, Χίο και Λέσβο. Στην ανατολική Μακεδονία υπάρχει χρυσός στον ποταμό Νέστο στις περιοχές Παλαιά Καβάλα- Φίλιπποι, στα νησιά Θάσος στο Παγγαίο, στον ποταμό Αγγίτη στο Μενοίκιο (Αλιστράτη), στην περιοχή του Στρυμόνα (Νιγρίτα-Χείμαρρος), Βροντού, Νευροκόπι και Άγκιστρο (Βαβελίδης 1998).

Οι πιο διάσημοι από τους αναφερόμενους τόπους ήταν τα μεταλλεία χρυσού στο νησί της Θάσου, εκείνα στη "Σκαπτή Ύλη", στην ηπειρωτική χώρα, στο όρος Παγγαίο σε κοντινή απόσταση και στην ανατολική Μακεδονία. Ο Γαλλικός ποταμός στα δυτικά της Θεσσαλονίκης ονομαζόταν Εχέδωρος, δηλαδή ο κομιστής των δώρων, στην αρχαιότητα και θεωρούνταν σημαντική τοπική πηγή χρυσού ήδη από τους 5^ο αιώνα π.Χ. Ο ποταμός Στρυμόνας και η περιοχή του Κρηνίδες στην πεδιάδα της Δράμας.

Πρόσφατες έρευνες επιβεβαίωσαν τις αρχαίες αναφορές και διεύρυνε την εικόνα με τον εντοπισμό ενός εντυπωσιακού αριθμού πρωτογενών και προσχωματικών κοιτασμάτων

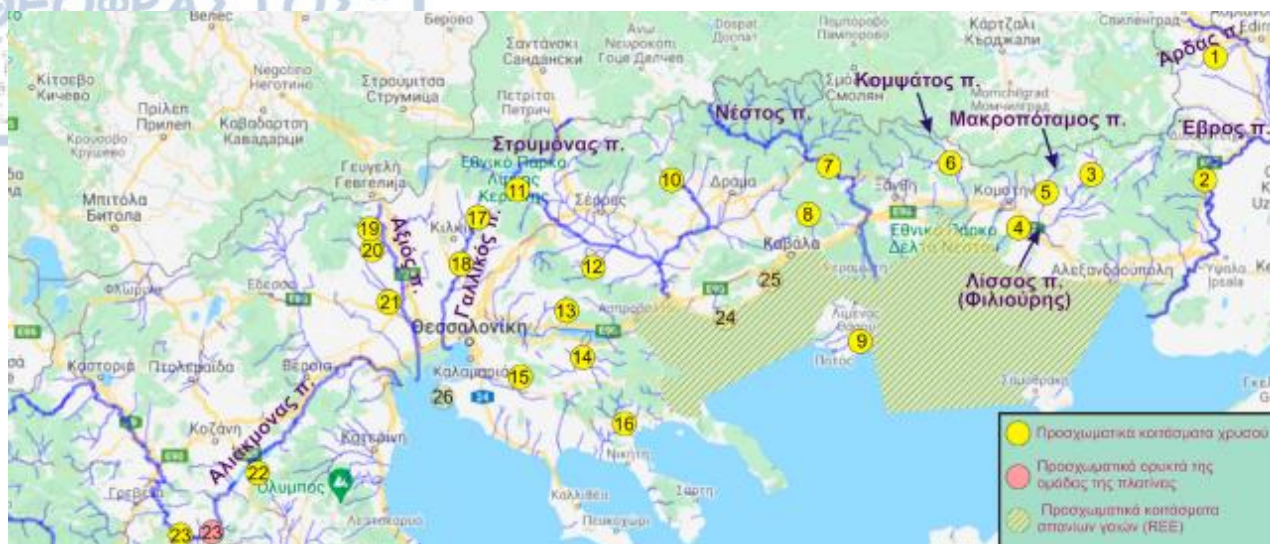
χρυσού σε όλη τη βόρεια Ελλάδα. Τα κοιτάσματα στη Χαλκιδική είναι πλούσια σε χρυσό και άργυρο. Ο χρυσός εμφανίζεται κυρίως σε πολυμεταλλικά μεταλλεύματα, σε κοιτάσματα χαλκού και μαγγανίου, αλλά περιστασιακά και ως προσχωματικός χρυσός. Επιπλέον, τα αρχαιολογικά στοιχεία έχουν ενισχύσει την κατανόηση της εκμετάλλευσης του χρυσού στη Μακεδονία κατά την αρχαιότητα καλύτερα με τον καθορισμό των χρονολογικών ορίων της χρήσης συγκεκριμένων περιοχών και μέσω της προσθήκης περιοχών που δεν έχουν τεκμηριωθεί από τα λογοτεχνικά στοιχεία.

Εκτός όμως από αυτές τις τοποθεσίες, οι οποίες διατηρούν ίχνη της εκτεταμένης εκμετάλλευσης στο παρελθόν, υπάρχουν πολυάριθμα μικρά κοιτάσματα προσχωματικού χρυσού, που συνδέονται με μικρά ρέματα, τα οποία θα μπορούσαν να έχουν αξιοποιηθεί περιστασιακά και μη συστηματικά σε διάφορες περιόδους του παρελθόντος, συμπεριλαμβανομένης της Εποχής του Χαλκού (Andreou and Vavelidis 2007).

Στην Ελλάδα υπάρχουν δύο κατηγορίες κοιτασμάτων χρυσού:

A) Τα προσχωματικά κοιτάσματα. Ο χρυσός σε αυτή τη κατηγορία εντοπίζεται κυρίως αυτοφυής και σε προσχώσεις ποταμών και χειμάρρων. Περιέχονται σε κοίτες του Γαλλικού ποταμού και των παραποτάμιων αυτού και του χειμάρρου των Σερβίων (Εικόνα 2.2). Ο προσχωματικός χρυσός περιλαμβάνεται στις αλλουβιακές εναποθέσεις της κοίτης του χειμάρρου των Σερβίων (Κοζάνης). Περιέχονται επίσης, σε κοίτες και άλλων ποταμών της Μακεδονίας και της Θράκης, όπως στον Αξιό, Στρυμόνα, Έβρο, Αγγίτη κ.ά. Στην σύγχρονη μεταλλευτική ιστορία της Ελλάδας δεν αναφέρονται πολλές σημαντικές εκμετάλλευσης χρυσού. Εξαίρεση αποτελεί η εκμετάλλευση προσχωματικού κοιτάσματος του Γαλλικού ποταμού. Γενικά, πρώτη επιλογή για τον εντοπισμό προσχωματικού κοιτάσματος χρυσού στην Ελλάδα αποτελεί η Βόρεια Ελλάδα, διότι υπάρχουν περισσότερες πληροφορίες και οι γεωλογικές συνθήκες σχηματισμού είναι πιο ευνοϊκές (Δημόπουλος 2008).

B) Τα πρωτογενή ή αυτοφυή κοιτάσματα. Στο χρυσορυχείο Σερβίων υπάρχουν κοιτάσματα αυτοφυούς χρυσού. Στην οροσειρά του Μενοικίου ανατολικά των Σερρών και στην οροσειρά του Παγγαίου έχουν βρεθεί παλαιές θέσεις μεταλλευτικής εργασίας με πετρώματα μεταλλεύματος σε χρυσό. Στα βουνά της Λεκάνης βόρεια της Καβάλας διαπιστώθηκαν μεταλλεύματα χρυσού. Όλες οι παραπάνω περιπτώσεις χρυσοφόρων μεταλλοφόρων εμφανίσεων κρίθηκαν μη εκμεταλλεύσιμα από την εταιρεία χρυσορυχείων Β. Ελλάδος με τις τότε ισχύουσες τιμές του χρυσού. Με τις σημερινές τιμές του χρυσού πρέπει να εξεταστούν και να ερευνηθούν με γεωτρήσεις (Μπαρούνης 2013).



Εικόνα 2.2 Τα σημαντικότερα προσχωματικά κοιτάσματα της Βόρειας Ελλάδας. 1. Άρδας ποταμός. 2. Έβρος ποταμός. 3. Λίσσος ποταμός, άνω ρους, παραπόταμος Ασπρόρεμμα. 4. Λίσσος ποταμός, κάτω ρους. 5. Μακροπόταμος. 6. Κομψάτος ποταμός. 7. Νέστος ποταμός. 8. Περιοχή Παλιάς Καβάλας. 9. Θάσος. 10. Αγγίτης ποταμός. 11. Χείμαρρος Σερρών. 12. Άγιος Μανδήλιος Νιγρίτας. 13. Ασκός. 14. Νέα Απολλωνία-Μελισσουργός-Μαραθούσα. 15. Κάτω Περιστερά. 16. Μεταγγίτσι-Χαβρίας ποταμός. 17. Γαλλικός ποταμός, Τέρπυλλος. 18. Γαλλικός ποταμός, Καμπάνη. 19. Αξίος ποταμός, παραπόταμος Κοτζά Ντερέ. 20. Αξίος ποταμός, παραπόταμος Γοργόπη. 21. Αξίος ποταμός, Πολύπετρο. 22. Αλιάκμονας ποταμός, Σέρβια. 23. Αλιάκμονας ποταμός, μέσος ρους. 24. Λουτρά Ελευθερών. 25. Νέα Πέραμος (Μέλφος και Βουδούρης 2022).

Στην Ελλάδα ο αλλουβιακός προσχωματικός χρυσός εντοπίζεται σε χειμάρρια, ποταμοχειμάρρια και ποτάμια ιζήματα, στις σύγχρονες κοίτες ή στις αναβαθμίδες, σε ποταμούς της Μακεδονίας και της Θράκης, και συγκεκριμένα στους ποταμούς Άρδα, Έβρο, Λίσσο, Μακροπόταμο, Κομψάτο, Νέστο, στην περιοχή Παλιάς Καβάλας, στη Θάσο, στον Αγγίτη, στους παραποτάμους του Στρυμόνα Χείμαρρος και Άγιος Μανδήλιος, στις περιοχές Ασκός και Νέα Απολλωνία-Μελισσουργός-Μαραθούσα, στην Κάτω Περιστερά, στον ποταμό Χαβρία, στο Μεταγγίτσι, στον Γαλλικό, στον Αξίο και τους παραποτάμους τους, στον Αλιάκμονα και στη λεκάνη Σερβίων (Μέλφος και Βουδούρης 2022).

Η Ελλάδα δεν στερείται σε ορυκτό πλούτο. Αντιθέτως, το υπέδαφος της παρέχει δυνατότητες για προοπτική στην εκμετάλλευση βασικών μεταλλευμάτων και βιομηχανικών ορυκτών (Κελεπερτζής 2012).

2.2 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο μεγαλύτερος ποταμός που διασχίζει τη Μακεδονία είναι ο Αξιός, με μήκος 380 χιλιόμετρα, από τα οποία τα 76 είναι σε ελληνικό έδαφος. Στην ευρύτερη περιοχή εκβάλλουν και οι ποταμοί Αλιάκμονας και Γαλλικός (Πετροπούλου 2019).

Ο προσχωματικός χρυσός έχει εντοπιστεί στις αλλουβιακές αποθέσεις του Αξιού ποταμού, στις αναβαθμίδες του, βόρεια του Πολύκαστρου-Αξιούπολης, στα ρέματα της περιοχής της Αξιούπολη και στη περιοχή της Γοργόπης. Η περιεκτικότητα σε χρυσό στις αναβαθμίδες είναι πολύ χαμηλή. Οι περιεκτικότητες των ιζημάτων σε χρυσό είναι υψηλές, ειδικότερα στη κοίτη του ρέματος της Γοργόπης, που φτάνουν έως $378,9 \text{ mg/m}^3$. Επίσης, έχουν μήκος μικρότερο του 1 mm με καλό βαθμό στρογγυλότητας 64,3%, με μέγιστο δείκτη πλάτυνσης 17 και παρατηρείται το φαινόμενο της αναδίπλωσης. Οι προσχωματικοί κόκκοι χρυσού από τον Αξιό ποταμό παρουσιάζουν το μεγαλύτερο εύρος καθαρότητας. Στον ποταμό Αξιό, σε μικρό αριθμό κόκκων βρέθηκαν πλήθος εγκλεισμάτων μεταλλικών και μη μεταλλικών ορυκτών, όπως σιδηροπυρίτης, χαλκοπυρίτης, γαληνίτης, ρουτίλιο, μαγνητίτης, χαλαζίας, άστριος, μαρμαρυγίας, ζirkόνιο, απατίτης και επίδοτο. Οι παραπόταμοι Γοργόπη και Πολύπετρο αποστραγγίζουν το ανατολικό Πάικο και ο προσχωματικός χρυσός της περιοχής προέρχεται από υπογενετικές εμφανίσεις χρυσού του Πάικου (Χαριστός 2010).

Η περιοχή των Σερβίων βρίσκεται στο νοτιοανατολικό τμήμα της Περιφερειακής Ενότητας Κοζάνης, ανατολικά της τεχνητής λίμνης Πολυφύτου (Αλιάκμονα) (Στεργιόπουλος 2022).

Η αρχική εμφάνιση προσχωματικού κοιτάσματος χρυσού στη περιοχή των Σερβίων διαπιστώθηκε σε νεογενή ιζήματα της λεκάνης Λάβας-Σερβίων με περιεκτικότητα μεταξύ 0,02 και $0,5 \text{ g/m}^3$. Το συγκεκριμένο κοιτάσμα ήταν γνωστό ήδη από τα οθωμανικά χρόνια. Το μέγεθος των κόκκων χρυσού κυμαίνεται από 0,25-0,5 mm με δείκτη πλάτυνσης από 1,3-6,3 και απουσία διπλωμένων κόκκων. Η μικρή απόσταση μεταφοράς (6-7 km) από την πρωτογενή πηγή αποτελεί την αιτία για την περιορισμένη στρογγυλότητα και το ακανόνιστο ή γωνιώδες σχήμα τους (Χαριστός 2010).

Από τον 19ο αιώνα, η εκμετάλλευση χρυσού στα Σέρβια, γινόταν από τους ντόπιους που συνέλλεγαν ψήγματα χρυσού με τραγίσια δέρματα, στη συμβολή των ποταμών Άγιος Μηνάς και Πλατανίτης. Το 1965 έγιναν ανεπιτυχής προσπάθειες εξόρυξης με αυτοσχέδια κόσκινα και παγίδες. Το 1969 μια καναδική εταιρεία μίσθωσε την έκταση και ξεκίνησε την κατασκευή εγκατάστασης επεξεργασίας των χρυσοφόρων ιζημάτων με μηχανολογικό

εξοπλισμό. Το 1972 ιδρύθηκε η εταιρεία «Ελληνικά Χρυσωρυχεία» και το 1973 ξεκίνησε επίσημα η λειτουργία του χρυσωρυχείου Σερβίων. Με βάση τις έρευνες που έγιναν, η περιεκτικότητα των ιζημάτων σε χρυσό ήταν μεταξύ 0,5 και 1 g/t (Μέλφος και Βουδούρης 2022).

2.3 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΡΩΣΙΑ

Η βιομηχανία εξόρυξης χρυσού στη Ρωσία είναι σχετικά πρόσφατη. Είναι μόνο περίπου 250 ετών. Σε αντίθεση με πολλές άλλες χώρες, στη Ρωσία, η συστηματική αναζήτηση και εξόρυξη χρυσού ξεκίνησε όχι με την ανακάλυψη του προσχωματικού χρυσού, αλλά με την ανακάλυψη σωματιδίων χρυσού σε μεταλλεύματα διαφόρων μετάλλων, δηλαδή σε πρωτογενή κοιτάσματα. Είναι επίσης, ενδιαφέρον να σημειωθεί ότι ο πρώτος χρυσός στη Ρωσία ανακαλύφθηκε με σχεδόν τυχαίο τρόπο σε μεταλλεύματα χαλκού (Κοσινοβα 2019).

Η Ρωσία είναι η μόνη μεγάλη χρυσοπαραγωγός χώρα όπου περίπου το 70% του χρυσού προέρχεται από προσχωματικά κοιτάσματα, τα αποθέματα των οποίων αντιπροσωπεύουν μόνο το 20% των συνολικών αποθεμάτων και η προβλεπόμενη πόροι συνολικά το 9% (Πορτνοβ 2021).

Μεγάλο μέρος του δυναμικού της Ρωσίας σε προσχωματικό χρυσό βρίσκεται στις δυσπρόσιτες περιοχές της Σιβηρίας και της Άπω Ανατολής. Στο σημερινό οικονομικό κλίμα, η υλοποίησή του είναι γεμάτη με μεγάλους επενδυτικούς κινδύνους, κοινωνικές, περιβαλλοντικές και νομικές δυσκολίες. Επιπλέον, τα αποθέματα προσχωματικού χρυσού και οι συνεπαγόμενοι πόροι είναι διασκορπισμένοι σε πολλές τοποθεσίες, γεγονός που καθιστά δύσκολη την εμπορική εκμετάλλευσή τους (Πορτνοβ 2021).

Στη Ρωσία, τα αποθέματα χρυσού βρίσκονται σε 372 πρωτογενή κοιτάσματα, καθώς και σε πάνω από 5.000 κοιτάσματα προσχωματικού τύπου. Με βάση την ποσότητα των αποθεμάτων χρυσού, η Ρωσία είναι η δεύτερη μετά τη Νότια Αφρική, διαθέτοντας 12,5 χιλιάδες τόνους πολύτιμου μετάλλου, ή περισσότερο από το 11% των παγκόσμιων αποθεμάτων, εκ των οποίων περίπου τα δύο τρίτα, ή περίπου 8 χιλιάδες τόνοι μετάλλου αντιστοιχούν σε εμπορικά αποθέματα. Το 2011, η Ρωσία, αφού ξεπέρασε τη Νότια Αφρική σε παραγωγή χρυσού, κατέλαβε και πάλι την τέταρτη θέση στον κόσμο μετά την Κίνα, την Αυστραλία και τις ΗΠΑ (Γαρσιν 2020).

Τα πιο γνωστά προσχωματικά κοιτάσματα είναι η Ανατολική Σιβηρία (κορυφογραμμή Γενισέι, περιοχές Λενσκ και Αλντάν), τα βορειοανατολικά, η Ζαμπαϊκάλιε και η περιοχή Αμούρ. Επίσης, τα χρυσοφόρα στρώματα της Σιβηρίας (Βοдайδο), της Γιακουτίας (Τυορα

Тас), του Приамурья και των βορειοανατολικών περιοχών (Билибинский район) (Самородский и т.д. 2008).

Το Ιρκούτσκ, πόλη της Ρωσίας, βρίσκεται στην πεδιάδα Ιρκούτσκ-Τσερέμχοβο, στον ποταμό Ανγκάρα, στην είσοδο του ποταμού Ιρκούτ (εξ ου και το όνομα της πόλης) και του ποταμού Ουσακόβκα (Дулов и т.д. н.д.). Βρίσκεται στο ασιατικό τμήμα της Ρωσίας, στα νότια της Ανατολικής Σιβηρίας. Το νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής βρέχεται από τη λίμνη Βαϊκάλη (Страшун и т.д.).

Η βάση των ορυκτών πόρων χρυσού στην περιοχή του Ιρκούτσκ αντιπροσωπεύεται από κοιτάσματα μεταλλευμάτων και φερτών υλών που βρίσκονται στις επαρχίες Baikal (χρυσοφόρος περιοχή Lensk), Eastern Sayan και τη χρυσοφόρο περιοχή Baikal (Verkhneinsk). Η εξόρυξη χρυσού είναι η κύρια εξορυκτική δραστηριότητα στην περιοχή και αντιπροσωπεύει το 50% της συνολικής αξίας των ορυκτών που εξορύσσονται. Η περιοχή του Ιρκούτσκ κατέχει ηγετική θέση στην εξόρυξη προσχωματικού χρυσού, ενώ η ανάπτυξη των κοιτασμάτων μεταλλευμάτων μόλις αρχίζει. Περισσότερο από το 95% του χρυσού της περιοχής εξορύσσεται στην περιοχή Bodaibo, σε διάστημα 150 ετών, περίπου 1.200 τόνοι αυτού του μετάλλου έχουν εξορυχθεί από το υπέδαφός της (Волков и Игем 2011).

Τα κοιτάσματα της επιχειρηματικής μονάδας του Ιρκούτσκ βρίσκονται στην περιοχή Бодайбо (Bodaibo) (Εικόνα 2.3). Αποτελεί το κέντρο της βιομηχανίας εξόρυξης χρυσού της περιοχής του Ιρκούτσκ (Иркутск). Η Εταιρεία κατέχει 13 άδειες για τα υπόγεια οικόπεδα που βρίσκονται εντός των μεγάλων συμπλεγμάτων αλλουβιακών κοιτασμάτων της περιοχής αυτής: Khomolkhinsky, Sukholozhsky, Marakan-Tungusky και Bodaibinsky (GV Gold 2014).



Εικόνα 2.3 Σύμπλεγμα αλλουβιακών κοιτασμάτων της περιοχής αυτής: Khomolkhinsky, Sukholozhsky, Marakan-Tungusky και Bodaibinsky (Irkutsk Business Unit n.d).

Η περιοχή του Ιρκούτσκ παράγει περισσότερους από 20 τόνους χρυσού ετησίως. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από τη βόρεια περιοχή Bodaibo. Εκεί είναι συγκεντρωμένες οι μεγάλες επιχειρήσεις που παράγουν τόνους χρυσού. Πολυάριθμες εμφανίσεις κοιτασμάτων αλλουβιακού και μεταλλευτικού χρυσού μπορούν να βρεθούν σε όλη αυτή τη δομή. Μελετώντας την ιστορία της ανακάλυψης των κοιτασμάτων χρυσού στην περιοχή του Ιρκούτσκ, πρέπει να σημειωθεί ότι οι προοπτικές της χρυσοφόρου δυναμικότητάς της απέχουν πολύ από το να εξαντληθούν. Πολλές ανακαλύψεις χρυσού από τους πρωτοπόρους της Σιβηρίας έχουν ξεχαστεί ή παραμένουν ανεξερευνήτες. Επί του παρόντος, από τη συνολική ποσότητα χρυσού που ερευνάται στην περιοχή του Ιρκούτσκ, ο χρυσός από μεταλλεύματα αντιπροσωπεύει περίπου το 85% και ο προσχωματικός χρυσός το 15% (Волков 2017).

Στη λεκάνη Бодайбо (Bodaibo) (Ανατολική Σιβηρία, ορεινή περιοχή Байкало-Патомская, Ομοσπονδιακή Περιφέρεια του Ιρκούτσκ) τα αλλουβιακά κοιτάσματα έχουν μεγάλη βιομηχανική σημασία. Στη χρυσοφόρα αυτή περιοχή, τα πιο διάσημα είναι τα εξής ποτάμια ιζήματα Бодайбо, Большая Догадлын, Маракана και Нигри. Η περιοχή Бодайбо (Εικόνα 2.4) είναι μια βαθιά τεμαχισμένη πεδινή περιοχή με κοιλάδες βάθους 200-500 μέτρα. Στην κοιλάδα του ποταμού Бодайбо έχουν δημιουργηθεί οκτώ αναβαθμίδες. Τα μεγαλύτερα μεταλλεία είναι θαμμένα. Είναι πολύπλοκης γένεσης και χαρακτηρίζονται από το γεγονός ότι το ίδιο κοιτάσμα μπορεί να περιέχει χρυσοφόρα στρώματα αλλουβιακής και διλουβιακής γένεσης. Μέχρι το 2000, η περιοχή παρήγαγε 10,2- έως 10,4 τόνοι χρυσού, κυρίως από αλλουβιακές αποθέσεις, ενώ τα επόμενα 12 χρόνια η παραγωγή παρέμεινε στους 14,5-16 τόνους (πάνω από το 11% του ρωσικού συνόλου) (Волков 2017).

Το κοιτάσμα του ποταμού Бодайбо, ήταν το μεγαλύτερο απόθεμα χρυσού στον κόσμο και εκτείνεται κατά μήκος μιας κοιλάδας για 80 χιλιόμετρα (ο ποταμός έχει μήκος 90 χιλιόμετρα). Εντός του καλά μελετημένου τμήματος Vasilievsky το κοιτάσμα ορίζεται από ένα εύρος (250-300 μέτρα), θαμμένη αναβαθμίδα και ένα στενό (15-40 μέτρα.), βαθύ thalweg που κόβει την αναβαθμίδα σε δύο μέρη.

Όσον αφορά τη σύνθεση, τα χρυσοφόρα στρώματα είναι δύο τύπων: στρώματα από βότσαλα ή κροκάλες-βότσαλα με αργιλικό τσιμέντο και υψηλή περιεκτικότητα σε χρυσό. Αμέσως, πάνω από το φράγμα συναντώνται στρώματα με ευνοϊκή αργιλική πλήρωση και υψηλή περιεκτικότητα σε χρυσό στο κατώτερο τμήμα.

Ο χρυσός στα κοιτάσματα της περιοχής Бодайбо είναι κυρίως χονδρόκοκκος (2-4 mm) (Εικόνα 2.5). Βρέθηκαν ψήγματα, τα μεγαλύτερα βρέθηκαν στα ανώτερα τμήματα του

ποταμού, που ζυγίζουν πάνω από 12 κιλά. Δύο ποικιλίες χρυσού είναι γνωστές: μεγάλα και μεσαίου μεγέθους ψήγματα χρυσού με απλή μορφολογία και υψηλή περιεκτικότητα (870-930 ‰) και μεσαίου μεγέθους αγκιστροειδείς, δρύινες, δενδριτικές, σπογγώδεις μορφές χρυσού με χαμηλότερη περιεκτικότητα (730-820 ‰). Αυτά τα χαρακτηριστικά του μεγέθους, της μορφολογίας και της ανάλυσης συνάδουν με τα χαρακτηριστικά από εγχώριες πηγές (Волков 2017).

Σύμφωνα με τον κύριο Евгений Юмашев (Evgeniy Yumashev), δήμαρχος του Bodaibo και της περιφέρειας τριάντα επτά οικογένειες ασχολούνται με την εξόρυξη χρυσού. Ο όμιλος των εταιρειών Polyus δραστηριοποιείται στην περιοχή και πολλές μικρές επιχειρήσεις. Επίσης, θα δημιουργηθούν 14.000 θέσεις εργασίας στην περιοχή (Суркова и Емелина 2022).



Εικόνα 2.4 Περιοχή Бодайбо (Суркова и Емелина 2022).



Εικόνα 2.5 Ο χρυσός της περιοχής Бодайбо (Суркова и Емелина 2022).

Η Δημοκρατία των Σακχά (Γιακούτια) Саха (Якутия) είναι ομοσπονδία της Ρωσίας. Βρίσκεται στο βορειοανατολικό τμήμα του ασιατικού τμήματος της Ρωσίας. Η Γιακούτια διαθέτει ένα τεράστιο και μοναδικό δυναμικό ορυκτών πόρων. Η Δημοκρατία κατέχει την πρώτη θέση στη Ρωσική Ομοσπονδία όσον αφορά τα αποθέματα διαμαντιών, αντιμονίου, ουρανίου και κασσίτερου. Τα αποθέματα χρυσού, σιδηρομεταλλεύματος και άνθρακα είναι επίσης μεγάλα (Самоїлова и т.д. 2017 - 2018).

Στη Γιακούτια, ο χρυσός βρίσκεται σε προσχωματικά και κοιτάσματα μεταλλευμάτων. Αποτελεί επίσης υποπροϊόν των κοιτασμάτων ουρανίου. Πρόσφατα σημειώθηκε απότομη αύξηση, κατά 35% (περίπου 19-25 τόνοι), της παραγωγής του πολύτιμου μετάλλου. Σήμερα, η Γιακούτια κατέχει 2-3 θέσεις στη Ρωσική Ομοσπονδία σε αποθέματα χρυσού (Железняк и Шац 2020).

Ο αλλουβιακός χρυσός στον ποταμό Талая (Talaya), δεξιός παραπόταμος του ποταμού Якокит (Yakokit), βρίσκεται στην Δημοκρατία της Σάκχας (Γιακούτιας), Алданский район (περιοχή Αλντάν), στην Ανατολική Σιβηρία. Η περιοχή του Κεντρικού Αλντάν (Центрально-Алданский район) (Εικόνα 2.6) έχει μελετηθεί γεωλογικά με μεγάλη λεπτομέρεια. Η γεωλογική δομή της περιοχής περιλαμβάνει πετρώματα του Αρχαϊκού, ανθρακικές αποθέσεις του Κάτω Καμβρίου, Ιουρασικά ιζήματα και εύθρυπτους σχηματισμούς του Καινοζωικού. Ο κύριος ορυκτός πόρος της περιοχής είναι ο αλλουβιακός χρυσός (Εικόνα 2.7) ("Талая").



Εικόνα 2.6 Επιχειρησιακή μονάδα Aldan (Irkutsk Business Unit n.d).

Γενικότερα στην περιοχή από άποψη ποσότητας και συνολικών δυνατοτήτων, κυριαρχεί ο αλλουβιακός χρυσός. Τα περισσότερα από αυτά ανήκουν σε ρηχά μεταλλεία (2-10 μέτρα). Πρόκειται τόσο για μικρές όσο και για εκτεταμένες, με σημαντικό πλάτος και πάχος στρωμάτων, κοιλάδες, σπανιότερα αναβαθμίδες. Ορισμένα κοιτάσματα έχουν μήκος έως και 30-80 χιλιόμετρα και πλάτη έως και 400-500 μέτρα ή και περισσότερο (Селигдар, Орто-Сала, Бол.Куранах, Томмот). Τα συνολικά καταγεγραμμένα αποθέματα αυτών των τεσσάρων κοιτασμάτων αντιπροσωπεύουν περίπου το 65% των μεταλλείων της περιοχής και μαζί με τα παραποτάμια κοιτάσματα φτάνουν το 86% (Руклович и Рочев 2017).

Τα προσχωματικά κοιτάσματα και οι εμφανίσεις αλλουβιακού χρυσού αποτελούνται από ένα πολύπλοκο σύμπλεγμα εύθρυπτων σχηματισμών τεταρτογενούς ηλικίας και αποτελούν την συνέχεια του προηγούμενως εξορυσσόμενου πιο πλούσιου τμήματος του κοιτάσματος. Το πάχος τους κυμαίνεται από 3-12 μέτρα. Το σύμπλεγμα περιλαμβάνει τυρφώνες, πλημμυρικά πεδία, αλλουβιακά κανάλια, κοιλάδες, αναβαθμίδες και σχηματισμούς πρανών. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις χρυσού περιορίζονται γενικά στο όριο μεταξύ του κατώτερου τμήματος των αλλουβιακών και του ανώτερου τμήματος των ελουβιακών ιζημάτων. Ο χρυσός εντοπίζεται στο ρηγματωμένο υπόβαθρο κυρίως στα 0,4-0,8 μέτρα, μερικές φορές στα 1,4 μέτρα ("Талая").

Η βιομηχανία χρυσού στην κοιλάδα του ποταμού Талая (Talaya) ιδρύθηκε το 1926. Οι ερευνητικές εργασίες πραγματοποιήθηκαν μέχρι το 1969. Το κύριο τμήμα του κοιτάσματος του ποταμού Talaya εξερευνήθηκε το 1983-1984 από την ТУГРЭ. Την περίοδο 1995-1996, διερευνήθηκε το κοιτάσμα από το Селигдар (Seligdar), σε μια περιοχή που έχει προηγουμένως εξορυχθεί, μήκους 1,2 χιλιομέτρων. Επίσης, οι εργασίες εξόρυξης πραγματοποιήθηκαν από την Селигдар (Seligdar). Εξορύχθηκαν 291,7 χιλιάδες m³ άμμου και παρήχθησαν 157 χιλιόγραμμα χρυσού (για τα 226,3 χιλιόγραμμα δεν υπάρχουν σχετικές αναφορές τι απέγιναν). Το 2009, τα εναπομείναντα αποθέματα χρυσού του κοιτάσματος μεταβιβάστηκαν στην η Орион Групп (Orion Group) για εμπορική ανάπτυξη με την άδεια ЯКУ 92630 БЭ. Από το 2010 έως το 2013 η Орион Групп (Orion Group) ξέπλυνε 207.000 κυβικά μέτρα άμμου και παρήγαγε 195 χιλιόγραμμα χρυσού από το κοιτάσμα. Το 2014, τα εναπομείναντα αποθέματα αλλουβιακού χρυσού του κοιτάσματος Talaya μεταφέρθηκαν στον κρατικό ισολογισμό ως μη κατανεμημένο κεφάλαιο και δεν αξιοποιήθηκαν ("Талая").

Σύμφωνα με τον Максим Терещенко (Maxim Tereshchenko), Υπουργός Βιομηχανίας και Γεωλογίας της Δημοκρατίας της Σάκχα (Γιακούτιας) το 2019, η Γιακουτία κατατάχθηκε μεταξύ των τριών πρώτων ρωσικών περιφερειών όσον αφορά τον εν λόγω δείκτη. Το 2020, παρήχθησαν 39,8 τόνοι χρυσού, ξεπερνώντας το ρεκόρ του 1975 (Демшина 2021).

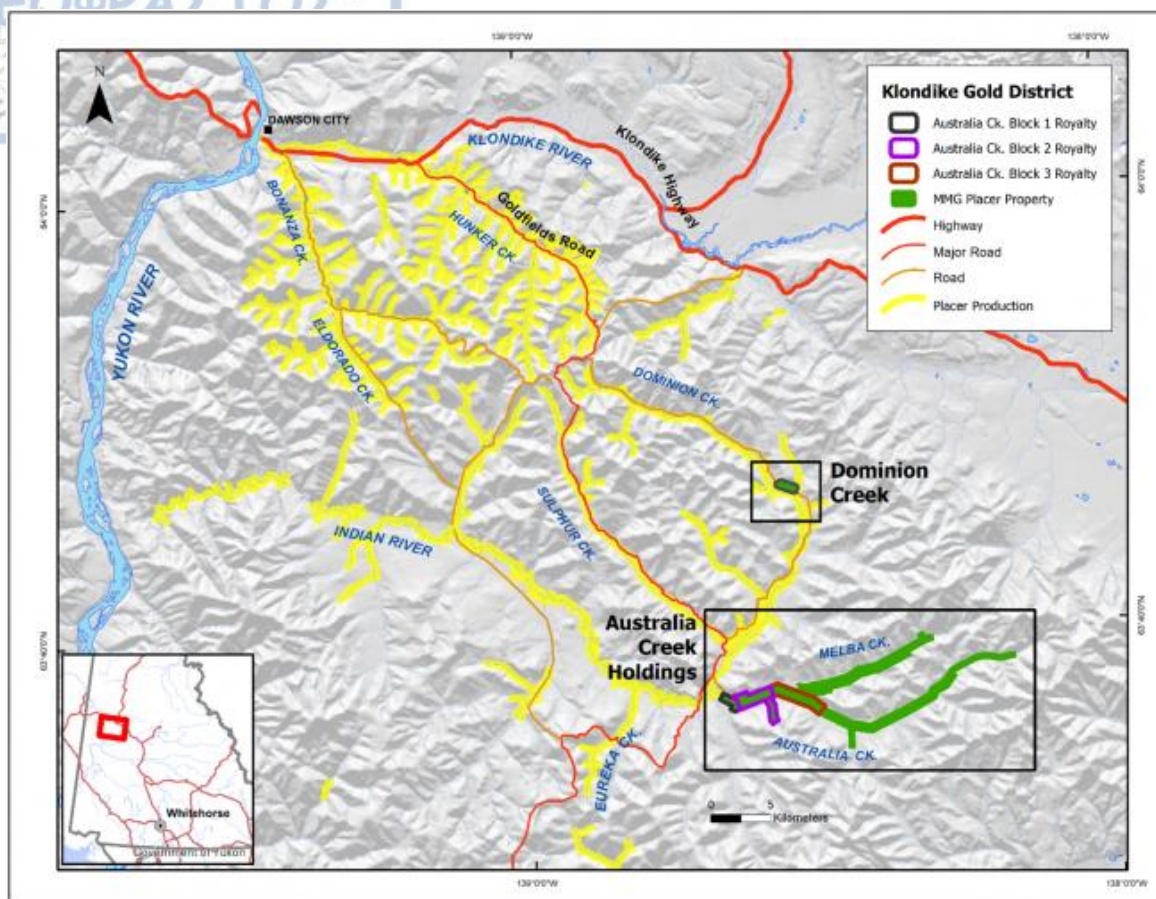


Εικόνα 2.7 Εξόρυξη χρυσού στο Алдан (Aldan) τη δεκαετία του 1920 (Национальный Архив Республики Саха (Якутия) н.д).

"ακίνητο") κατά μήκος της αποστράγγισης Australia Creek, παραπόταμου του ποταμού Indian, στην περιοχή χρυσού Klondike (Κλονταϊκ) κοντά στο Dawson City, Yukon.

Η εταιρεία ανακοίνωσε σημαντική πρόοδο στις αλλουβιακές εκμεταλλεύσεις χρυσού της, στην παραγωγική περιοχή χρυσού Klondike της επικράτειας Yukon (Γιουκόν) του Καναδά. Έχει ενεργές μισθώσεις σε τέσσερα μπλοκ αλλουβιακών διεκδικήσεων στα Australia και Dominion Creeks με τρεις φορείς. Και τα τέσσερα αυτά μπλοκ βρίσκονται στο στάδιο της ανάπτυξης με την ολοκλήρωση της έρευνας, της ανάπτυξης υποδομών και των δοκιμών μαζικών δειγμάτων για την προετοιμασία της εμπορικής παραγωγής χρυσού, με καταβλητέα δικαιώματα 10-15% στη Metallic Minerals. Στα μπλόκα στο Australia Creek έγιναν σημαντικές γεωτρήσεις με γεωτρήπανα που σχεδιάστηκαν για να καθορίσουν τις ευρείες ζώνες που είναι εμπλουτισμένες με χρυσό. Βαρύς εξοπλισμός βρίσκεται στα μπλοκ Dominion Creek για την προετοιμασία της επεξεργασίας του χρυσοφόρου αλλουβιακού υλικού μέσω ενός εργοστασίου πλύσης για τη δοκιμή των δειγμάτων. Οι δοκιμές των δειγμάτων είναι ένα σημαντικό βήμα στη διαδικασία ανάπτυξης που αποσκοπεί στην επιβεβαίωση της περιεκτικότητας σε χρυσό που υποδεικνύεται στις γεωτρήσεις (Van Loon et al. 2014).

Το Dominion Creek (Εικόνα 2.8) είναι μέρος της ιστορικής περιοχής χρυσού Klondike, η οποία εκτιμάται ότι παρήγαγε πάνω από 20 εκατομμύρια ουγκιές χρυσού από την ανακάλυψή της το 1898. Περίπου 2,7 εκατομμύρια ουγκιές έχουν παραχθεί στο Dominion Creek με χειρωνακτική εξόρυξη, βυθοκόρηση και, πιο πρόσφατα, με σύγχρονη μηχανική εξόρυξη, η οποία συνεχίζεται σήμερα με πολυάριθμες ανοιχτές εκμεταλλεύσεις μεγάλης κλίμακας. Τον Σεπτέμβριο του 2017, η Metallic Minerals σύναψε συμφωνία για την απόκτηση του 100% των δικαιωμάτων εξόρυξης που αποτελείται από 10 διεκδικήσεις συνολικού μήκους 1 μιλίου (1,6 km) κατά μήκος μιας έδρας του Dominion Creek, παραπόταμου του ποταμού Indian, στην περιοχή χρυσού Klondike κοντά στο Dawson City, Yukon. Η Εταιρεία έχει παραχωρήσει αποκλειστικά δικαιώματα εξόρυξης σε έναν έμπειρο φορέα εκμετάλλευσης αλλουβιακών μεταλλείων με αντάλλαγμα δικαιώματα 15% επί του συνόλου της παραγωγής χρυσού. Η ιδιοκτησία είναι προσβάσιμη οδικώς και έχει πλήρη άδεια για παραγωγή προσχωματικού χρυσού (Van Loon et al. 2014).



Εικόνα 2.8 Αλλουβιακός χρυσός στην περιοχή Klondike, Dominion Creek και Dominion Creek (Metallic Minerals Provides Update on Klondike Alluvial Gold Royalty Portfolio in Yukon, Canada 2021).

2.5 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΧΡΥΣΟΥ ΣΤΗΝ ΙΝΔΙΑ

Το Jharkhand είναι ένας σημαντικός παραγωγός χρυσού στην Ινδία. Αυτό το κρατίδιο παρήγαγε 344 κιλά χρυσού το 2002-2003, το οποίο αντιπροσώπευε πάνω από το 11% της συνολικής παραγωγής χρυσού της Ινδίας. Η περιοχή διαθέτει τόσο αλλουβιακό όσο και αυτοφυή χρυσό. Ωστόσο, το μεγαλύτερο μέρος του χρυσού είναι αλλουβιακός. Ο αλλουβιακός χρυσός λαμβάνεται από την άμμο του ποταμού Subarnarekha (χρυσή λωρίδα), όπως υποδηλώνει το όνομά του Sona nadi στην περιφέρεια Singhbhum και τα ρέματα που αποστραγγίζουν την κοιλάδα Sonapat (Chand n.d.).

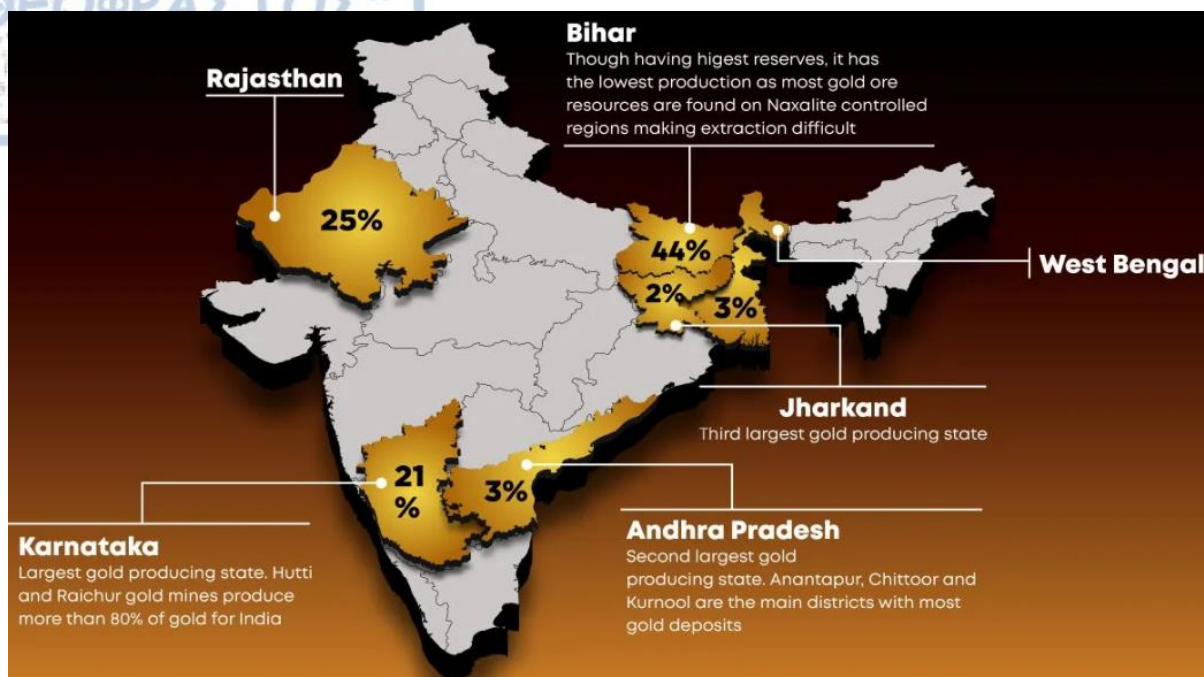
Στην πολιτεία Jharkhand, κοντά στην ευρεία προσχωματική περιοχή του ποταμού Subarnarekha η αλλουβιακή εξόρυξη χρυσού σε βιοτεχνική κλίμακα διεξάγεται από τις τοπικές κοινότητες, αλλά έχει ανθίσει μετά την κατασκευή (και τη συνακόλουθη εκτόπιση των χωρικών) του φράγματος Subarnarekha. Ένας μεγάλος αριθμός αυτών των βιοτεχνικών

μεταλλωρύχων είναι τοπικοί αυτόχθονες πληθυσμοί και οι γυναίκες αποτελούν σημαντικό τμήμα αυτών των εργαζομένων. Η χονδρότητα του αλλουβιακού χρυσού, του ποταμού Subarnarekha, δεν απαιτεί την εξαγωγή του με αμαγάλματα υδραργύρου. Αυτό σημαίνει επίσης, ότι η μεταφορά του χρυσού από την πρωτογενή του πηγή ήταν μάλλον περιορισμένη.

Μια τέτοια πηγή είναι πιθανώς οι περιοχές Lawa και Mysara στους λόφους Dalma, όπου τα αποθέματα χρυσού έχουν μελετηθεί από τη Γεωλογική Υπηρεσία της Ινδίας. Στο βορρά, το Rampur στο Himachal Pradesh, στα κατάντη του ελικοειδούς ποταμού Sutlej, μεταξύ Nugli και Baila, η εξόρυξη του αλλουβιακού χρυσού πραγματοποιείται από τις τοπικές κοινότητες, μετά την περίοδο των μουσώνων. Η εξόρυξη αλλουβιακού χρυσού διεξάγεται επίσης εκτεταμένα στην παρακείμενη περιοχή της Κεράλα (Kerala). Η Κεράλα έχει ανακτήσει το μεγαλύτερο μέρος του αλλουβιακού χρυσού στο Chabiyar Puzha και στο Ambankadava Puzha κοντά στο Mannarkkat. Πραγματοποιείται στις περιοχές Nilambur (Εικόνα 2.9) και Wynad από τη φυλή Paniyar (Εικόνα 2.10) μέσω της αλλουβιακής λείανσης κατά μήκος διαφόρων ρεμάτων όλο το χρόνο, ενώ στην κοιλάδα Attapaty στην περιοχή Palakkad γίνεται συχνά μετά τις βροχές. Ο χρυσός σε όλες αυτές τις δραστηριότητες εξάγεται με αμαγάλματα υδραργύρου (Deba et al. 2006). Στην Εικόνα 2.10, παρουσιάζονται οι ινδικές πολιτείες με τα μεγαλύτερα αποθέματα χρυσού.



Εικόνα 2.9 Εξόρυξη αλλουβιακών κοιτασμάτων από αυτόχθονες κοινότητες στην περιοχή Nilambur (Deba et al. 2006).



Εικόνα 2.10 Οι ινδικές πολιτείες με τα μεγαλύτερα αποθέματα χρυσού από το 2015 (Bahaduridin 2022).

3 ΚΕΦΑΛΑΙΟ

3.1 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Ο προσχωματικός χρυσός στην περιοχή του Αλιάκμονα είναι γνωστός από τα Οθωμανικά χρόνια. Το 1806 ο Γάλλος περιηγητής Francois Pouqueville αναφέρει την επεξεργασία των ιζημάτων για ανεύρεση χρυσού από τους ντόπιους. Στα αλλουβιακά κροκαλοπαγή ιζήματα και στις αναβαθμίδες εντοπίζεται ο προσχωματικός χρυσός του ποταμού Αλιάκμονα. Τα μεταλλικά ορυκτά στο βαρύ κλάσμα αποτελούνται από χρωμίτη, μαγνητίτη, ιλμενίτη, αιματίτη, ιλμενίτη-αιματίτη, γκαιτίτη, σιδηροπυρίτη, μαγνητοπυρίτη, χρυσό και ορυκτά της ομάδας της πλατίνας (Μέλφορς και Βουδούρης 2022).

Ο ποταμός Αλιάκμονας βρίσκεται στη Δυτική-Κεντρική Μακεδονία. Είναι το μακρύτερο ποτάμι με συνολικό μήκος 297 ή 322 km. Οι Τούρκοι το έλεγαν Ιντζέ-καρά (ψηλός και μαύρος) και οι Σλάβοι Μπιστρίτσα (γοργοπόταμος). Λόγω της μεγάλης έκτασης του ποταμού έχει σχηματιστεί ένα εκτεταμένο Δέλτα και αποτελεί την αιτία για την κατασκευή φράγματος, το οποίο κατακρατεί μεγάλο μέρος των φερτών υλικών. Με αποτέλεσμα να μειωθούν οι προσχώσεις (Πετροπούλου 2019).

Στο μέσο του ποταμού Αλιάκμονα εντοπίστηκαν κόκκοι ορυκτών της ομάδας της πλατίνας και συγκεκριμένα κράματα Os-Ir-Ru, Pt-Fe, Os-Ir-Rh και Os-Ir-Pt. Οι κόκκοι είναι αποστρογγυλωμένοι και παρουσιάζουν πορώδης υφή (Χαριστός 2010). Τα παραπάνω οφείλονται στη μηχανική και χημική αλλοίωση κατά τη μεταφορά τους μέσα στο νερό του ποταμού, με αποτέλεσμα τη μείωση του μεγέθους τους (Μέλφος και Βουδούρης 2022). Το μήκος των προσχωματικών κόκκων κυμαίνεται από 80 έως 380 μm (Χαριστός 2010).

Η ορυκτολογική σύσταση των προσχωματικών κόκκων της ομάδας του λευκόχρυσου στον Αλιάκμονα αποτελείται από 19 ορυκτά: ιρίδιο, όσμιο, ρουθίνιο, τουλαμεενίτη, τετρασιδηρολευκόχρυσο, χονγκσιίτη, λαουρίτη, χολλινγκβορθίτη, ιραρσίτη, σπερρυλίτη, χαλκούχο ιριδισίτη, αντιμονοπαλλαδινίτη ή μερτιεΐτη II, κείθκοννίτη, κράματα Ru-Ir-Pt, Ru-Pt-Rh και Fe-Pd-Au. Οι προσχωματικοί κόκκοι προέρχονται από τα οφιολιθικά συμπλέγματα του Βούρινου και της Πίνδου. Η πλειονότητα των κόκκων PGM στον Αλιάκμονα παρουσιάζουν κρυσταλλικά χαρακτηριστικά και η στρογγυλότητα αυξάνεται, εξαιτίας της ποτάμιας μεταφοράς τους (Χαριστός 2010).

3.2 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΤΟΥ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗ ΡΩΣΙΑ

Το κοιτάσμα Konderskoe (Кондёрское месторождение) είναι ένα από τα μεγαλύτερα κοιτάσματα μετάλλων της ομάδας του λευκόχρυσου στη Ρωσία. Η οροσειρά Kondyor (Εικόνα 3.1) βρίσκεται στην Άπω Ανατολή, 1.040 χιλιόμετρα βόρεια του Χαμπάροφσκ στην περιοχή Ayano-Maysky. Ανακαλύφθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950 και αναπτύσσεται από το 1984. Τα αποθέματα πλατίνας αρχικού ισοζυγίου είναι περίπου 50 τόνοι, τα τρέχοντα αποθέματα περίπου 15 τόνοι με μέση περιεκτικότητα σε λευκόχρυσο μικρότερη από 1g/m^3 (Забродский 2010).

Από τεκτονικής άποψης, βρίσκεται εντός της περιοχής Aldan στο νοτιοανατολικό άκρο της Σιβηρικής πλατφόρμας. Τα κοιτάσματα πλατίνας συνδέονται κυρίως με τις αλλουβιακές αποθέσεις των ποταμών, των κοιλάδων και των ρεμάτων, που διαβρώνουν μια μαγματική διείδυση, η οποία τοποθετείται χρονικά στο όριο της ανύψωσης Batomga (Maimakan) (Батомгского (Маймаканского) και της κοιλάδας Yudomo-Maisk (Юдомо-Майского) στη διασταύρωση δύο περιφερειακών ρηγμάτων Kondero-Netsky και Berainsky (Кондеро-Нетского и Бераинского). Στο ανάγλυφο, η διείδυση, η οποία έχει ψηλές περιεκτικότητες σε πλατίνα, εκφράζεται από μια κυκλική λεκάνη περίπου 6 χιλιομέτρων σε διάμετρο, που

σχηματίζεται από μεταμορφωμένα πετρώματα που έχουν υποστεί εκταφή (Забродский 2010).

Ο ποταμός Kondor (Εικόνα 3.2) διασχίζει τον ορεινό όγκο από βορρά προς νότο και οι παραπόταμοί του, οι οποίοι σχηματίζουν ένα διακλαδισμένο ποτάμιο δίκτυο, προέρχονται από το ορεινό όριο της διείσδυσης, των σχηματισμών υποδοχής της και συνδέονται με κοιτάσματα της πλατίνας. Το συνολικό μήκος των αλλουβιακών λατυποπαγών (κυρίως πλημμυρικές πεδιάδες και χαμηλές αναβαθμίδες) του κοιτάσματος είναι περίπου 50 χιλιόμετρα, πλάτος 120-560 μέτρα. Το πάχος των αλλουβιακών ιζημάτων κυμαίνεται από 1 έως 7 μέτρα (το μέσο ύψος είναι 2,4 μέτρα) και η διατομή τους αποτελείται από δύο κύρια στρώματα: αμμώδεις σχηματισμοί κροκάλων και βότσαλων, οι οποίοι βρίσκονται στον πυθμένα, πάνω σε δουνίτες μαγματικών διεισδύσεων, και στη συνέχεια αντικαθίστανται από αμμώδη αργιλικά πετρώματα (Забродский 2010).

Οι αλλουβιακές αποθέσεις είναι καθ' όλη την έκταση πλατινοφόρες, αλλά το πιο παραγωγικό τμήμα περιορίζεται στο αμμώδες στρώμα κροκάλων και βότσαλων. Σύμφωνα με την περιεκτικότητα και την κατανομή του μετάλλου, διακρίθηκαν δύο περιοχές στο κοιτάσμα: η Άνω (εντός της λεκάνης), συμπεριλαμβανομένης της άνω ροής του ποταμού Kondor και των παραποτάμων του, ιδιαίτερα παραγωγική, με χονδρόκοκοι πλατίνα και ψήγματα (το μεγαλύτερο των 3,5 χιλιόγραμμα). Η Κάτω (εκτός της καλδέρας, προς τα κάτω) με πλατίνα μεσαίου και λεπτού μεγέθους (Забродский 2010).

Από το 1984 έχουν εξορυχθεί 80 τόνοι μετάλλων της ομάδας της πλατίνας (PGM). Σήμερα όμως, που τα αποθέματα του κοιτάσματος βρίσκονται όλο και πιο βαθιά, αναζητείται μια νέα προσέγγιση του Kondyor και νέες λύσεις για την εξόρυξη μετάλλων. Με το μέτωπο εξόρυξης να απομακρύνεται περισσότερο από την πρωτογενή πηγή, ο βαθμός περιεκτικότητας σε λευκόχρυσο μειώνεται, αλλά τα αποδεδειγμένα αποθέματα θα επαρκούν για πολλά χρόνια, εάν αυξηθεί η ποσότητα των υπερκείμενων υλικών. Συνολικά, η περιεκτικότητα των άμμων σε μέταλλα έχει μειωθεί στο μισό τα τελευταία 11 χρόνια. Το γεγονός αυτό ανάγκασε τους γεωλόγους να διεξάγουν ερευνητικές εργασίες προκειμένου να προγραμματίσουν με μεγαλύτερη ακρίβεια μεσοπρόθεσμα και μακροπρόθεσμα. Η άδεια εξόρυξης πολύτιμων μετάλλων στο κοιτάσμα ανήκει στην OJSC AS Amur (OAO «AC «Амур») (Виноградова 2014).



Εικόνα 3.1 Η μόνη στρογγυλή οροσειρά στον κόσμο (Кондёр) (Загадки Кондёра: огромное правильное кольцо гор в Сибири, названное русскими в честь каши 2020).



Εικόνα 3.2 Άνω ποταμός Konder (Кондер) (Богомолов н.д.).

Ο λευκόχρυσος ανακαλύφθηκε σε αλλουβιακές αποθέσεις στα Ουράλια το 1823, και η παραγωγή άρχισε το επόμενο έτος. Η Ρωσία έγινε αμέσως μία από κύριες πηγή πλατίνας στον κόσμο, και αυτήν την στιγμή είναι δεύτερη μετά την Νότια Αφρική. Η παραγωγή ακατέργαστης πλατίνας στην Ρωσία μέχρι το τέλος του 1912 ανήλθε σε 7.202.790 ουγκιές. Ωστόσο, είναι σημαντικά χαμηλότερο από την πραγματική παραγωγή. Εκτιμάται ότι από το ένα τρίτο έως το ένα τέταρτο της παραγωγής που ήταν ετησίως κλάπηκε από τους μεταλλωρύχους ή απομακρύνθηκε κρυφά από τη χώρα από τους μικρότερους παραγωγούς για να αποφύγουν την καταβολή φόρων.

Η μεγαλύτερη παραγωγή που καταγράφηκε επίσημα σε οποιαδήποτε έτος είναι 203.257 ουγκιές το 1901. Από το 1910 έως το 1914 η ετήσια παραγωγή κυμαινόταν μεταξύ 187.000 και 157.000 ουγκιές. Ο πόλεμος και, αργότερα, η επανάσταση, αποδιοργάνωσαν τη βιομηχανία, έτσι ώστε το 1919 η παραγωγή είχε μειωθεί σε περίπου 39.000 ουγκιές. Τα πεδία πλατίνας της Ρωσίας βρίσκονται κατά μήκος του άξονα των Ουραλίων Όρων στην κυβέρνηση του Περμ. Στα βόρεια τμήματα τα αλλουβιακά κοιτάσματα βρίσκονται σε ρέματα ή ποτάμια στην ανατολική λεκάνη απορροής των Ουραλίων, αλλά νοτιότερα βρίσκονται στη δυτική λεκάνη απορροής. Πριν από το 1900, το μεγαλύτερο μέρος της πλατίνας προερχόταν από το Nizhne Tagilsk. (Taguil) στα νότια. Ωστόσο, πρόσφατα ένα μεγάλο μέρος της προέρχεται από τις περιοχές Goroblagodat και Bisersk, πάνω από 100 μίλια προς τα ΒΑ (O'Neill and Gunning 1934).

Οι κύριες περιοχές εξόρυξης προσχωματικής πλατίνας είναι οι περιοχές Tagil, Ison και Kytlymsky (Тагильский, Исовской и Кытлымский). Η εξόρυξη πραγματοποιείται με εκσκαφή στα ιζήματα των ποταμών των Βορείων και Μέσων Ουραλίων: Tura, Lobva, Kosva, Is, Tagil και άλλων (Турь, Лобвы, Косьвы, Ис, Тагила и др). Οι βυθοκόροι δημιουργούν ορισμένα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Οι γενετικοί τύποι των προσχωματικών κοιτασμάτων λευκόχρυσου στον κόσμο είναι τα αλλουβιακά παγετώδη, παράκτια-θαλάσσια και αιολικά κοιτάσματα. Τα αλλουβιακά κοιτάσματα σε κοιλάδες, μπορεί να έχουν μήκος πολλών δεκάδων χιλιομέτρων. Όσον αφορά την ηλικία, οι σημαντικότεροι είναι νέοι σχηματισμοί του Ύστερου Καινοζωικού (συχνά Τεταρτογενούς). Επίσης, είναι γνωστοί και παλαιότεροι σχηματισμοί που περιέχουν λευκόχρυσο, ιδίως οι Μεσοζωικοί στα Ουράλια (Скурский и т.д. 2021).

3.3 ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΑ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΟΜΑΔΑΣ ΛΕΥΚΟΧΡΥΣΟΥ (PGM) ΣΤΗΝ ΚΟΛΟΜΒΙΑ

Η Κολομβία είναι η μοναδική παραγωγός χώρα λευκόχρυσου στη Λατινική Αμερική. Η πλατίνα και τα μέταλλα της ομάδας του λευκόχρυσου, μαζί με τον χρυσό, εξορύσσονται από αλλουβιακά κοιτάσματα. Οι περισσότερες από τις οποίες συγκεντρώνονται στις πλαγιές του Ειρηνικού στη Δυτική Κορδιλιέρα. Πολυάριθμα υπερβασικά πετρώματα στην περιοχή αυτή (πυροξενίτες, πικρίτες, δουνίτες), που περιέχουν λεπτούς φαινοκρυστάλλους αυτοφυούς λευκόχρυσου, καθώς και νικέλιο, χρώμιο και θειούχα άλατα, αποτελούν τις βασικές πηγές των μεταλλείων (Горбunov 2015).

Η προέλευση της αλλουβιακής πλατίνας του Choco αποτελούσε αντικείμενο εικασιών από το 1785, όταν παρατηρήθηκε ότι ενώ μόνο λεπτά σωματίδια λευκόχρυσου βρέθηκαν στις πεδιάδες, μεγαλύτερα σωματίδια βρέθηκαν πιο κοντά στα βουνά. Με μια υπόδειξη από το Humboldt, ο οποίος γνώριζε τη χώρα, ως αποτέλεσμα από τις εξερευνήσεις του το 1799-1804, ο Boussingault ανακάλυψε την πηγή της αλλουβιακής πλατίνας σε έναν ύφαλο που μελέτησε στη Σάντα Ρόζα στην κοιλάδα Cauca της Antioquia το 1825, όπου, στις Κορδιγιέρες, βρήκε κόκκους χρυσού και λευκόχρυσο στο πέτρωμα του συηνίτη (McCosh 1977).

Στην Κολομβία ανακαλύφθηκε για πρώτη φορά η πλατίνα και η έρευνα του υλικού που έφτασε στην Ευρώπη από εκεί το 1735 απέδειξε ότι ήταν ένα νέο μέταλλο. Ο λευκόχρυσος βρίσκεται σε χρυσοφόρα κοιτάσματα, μερικά από τα οποία ήταν γνωστά στους Ευρωπαίους ήδη από το 1537, αλλά μόλις το 1778 σε κάποια από αυτά έγιναν έρευνες για πλατίνα. Μέχρι την ανακάλυψη των κοιτασμάτων των Ουραλίων το 1823, η Κολομβία ήταν η πηγή όλου του παγκόσμιου εφοδιασμού σε λευκόχρυσο. Από τότε υπάρχει συνεχής παραγωγή και παρόλο που η παραγωγή είναι μικρή σε σύγκριση με εκείνη που προέρχεται από τα Ουράλια, η Κολομβία είναι η ένατη μεγαλύτερη παραγωγός πλατίνας στον κόσμο.

Υπολογίζεται ότι η συνολική παραγωγή μέχρι το τέλος του 1916 ήταν μεταξύ 700.000 και 735.000 ουγκιές. Το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από την περιοχή Choco κοντά στα δυτικά σύνορα της Δημοκρατίας. Τα κοιτάσματα είναι όλα προσχωματικά, οι κύριες πηγές είναι οι ποταμοί San Juan και Upper Atrato και οι παραπόταμοί τους. Ο Dr Tulio Ospino της Κολομβιανής Σχολής Μεταλλείων εκτιμά ότι τα αλλουβιακά κοιτάσματα εκτείνονται σε μια έκταση άνω των 5.000 τετραγωνικών μέτρων μιλίων στην περιοχή που βρίσκεται δυτικά της κεντρικής κορυφογραμμής των κολομβιανών Άνδεων. Η πρωταρχική πηγή του λευκόχρυσου της περιοχής Choco είναι μια ζώνη υπερβασικών πετρωμάτων,

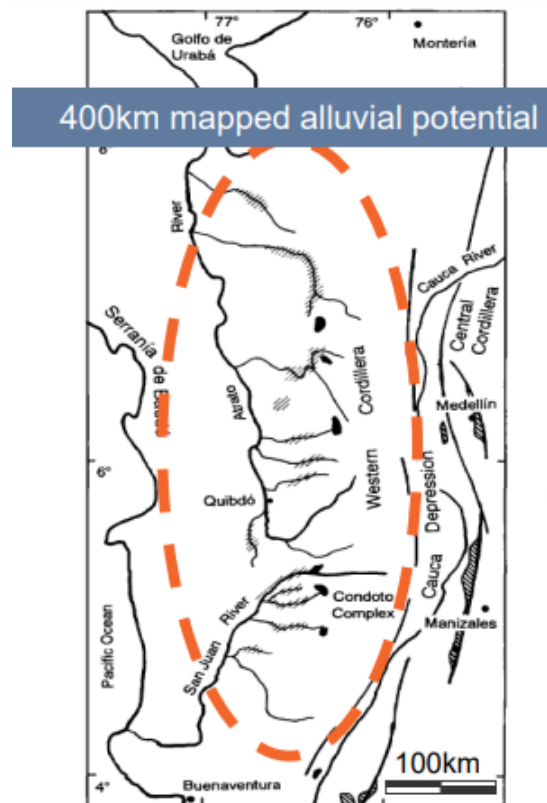
συμπεριλαμβανομένου του δουνίτη και πυροξενίτη, δυτικά του Cerro Iro. Μόνο εκείνα τα ρέματα που αποστραγγίζουν τα πετρώματα αυτά μεταφέρουν λευκόχρυσο στα ιζηματά τους. Ορισμένες από τις αλλουβιακές αποθέσεις κοντά στις πηγές των ρεμάτων λέγεται ότι ήταν πολύ πλούσια, και ότι είχαν αποδώσει χονδρόκοκκο, γωνιώδη λευκόχρυσο, ενίοτε εγκλωβισμένο σε χρωμίτη (O'Neill and Gunning 1934).

Το μεγαλύτερο μέρος της πλατίνας στην Κολομβία προέρχεται από προσχωματική κοιτάσματα που βρίσκονται στην κολομβιανή ακτή του Ειρηνικού, όπου Αφροαμερικανικές κοινότητες εξορύσσουν το μέταλλο χρησιμοποιώντας παραδοσιακές μεθόδους (Tobón et al. 2020). Με την άφιξη των πρώτων σκλάβων από την Αφρική στην περιοχή Choco κατά τη διάρκεια του 16ου αιώνα, ο τομέας της εξόρυξης - κυρίως χρυσού, αργύρου και πλατίνας - επεκτάθηκε κατά την ισπανική αποικιακή περίοδο, μετατρέποντας αυτή την απομακρυσμένη και αφιλόξενη περιοχή στη δεύτερη σημαντικότερη μεταλλευτική περιοχή της Κολομβίας (Massé and McDermott 2017). Η πλατίνα που εξορύσσεται στην Κολομβία από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα συγκεντρώνεται κυρίως στους παραποτάμους των ποταμών San Juan, Atrato και Condoto του διαμερίσματος Choco (Горбунов 2015).

Σήμερα, το Choco είναι ο κύριος παραγωγός πλατίνας της Κολομβίας (99% της εθνικής παραγωγής) και δεύτερος σε χρυσό και ασήμι (αντίστοιχα 30% και 25% της συνολικής παραγωγής) (Massé and McDermott 2017). Τα σημαντικότερα κοιτάσματα λευκόχρυσου (Andagoda, Quibdo, Condoto Iro, Orogodo, Tamana) βρίσκονται στους παραπόταμους των ποταμών San Juan και Atrato. Η λεκάνη του ποταμού San Juan στην επαρχία Choco, η οποία εξορύσσεται κυρίως από μικρούς συνεταιρισμούς εξόρυξης ή μεμονωμένους μεταλλωρύχους, είναι μία από τις πλουσιότερες περιοχές πλατίνας στον κόσμο. Η αναλογία πλατίνας προς χρυσό στα μεταλλεία της Κολομβίας είναι μεταβλητή και κυμαίνεται από 1:3 έως 1:22. Η πλατίνα που παράγεται στη χώρα είναι υψηλής ποιότητας (85-95% Pt) (Горбунов 2019). Το πάχος του παραγωγικού στρώματος των μεταλλείων κυμαίνεται από 1 έως 10 μέτρα. Τα μεταλλεία περιέχουν πάντα χρυσό ($Pt : Au = 4 : 1$). Ο λευκόχρυσος είναι λεπτόκοκκος, με μέγεθος 0,2-0,05 mm. Η περιεκτικότητα σε λευκόχρυσο στα πλούσια τμήματα του κοιτάσματος φτάνει τα 15 g/m³. Η ακατέργαστη πλατίνα περιέχει έως και 10% όσμιο, ιρίδιο, παλλάδιο και ρόδιο (Горбунов 2015).

Τα κοιτάσματα πλατίνας εξορύσσονται από την Compania Mineras Choco Pacificos. Η εταιρεία εκμεταλλεύεται κοιτάσματα χαμηλής ποιότητας με τη χρήση βυθοκόρων. Η περιοχή του Ειρηνικού στην Κολομβία (Εικόνα 3.3), και ειδικότερα η επαρχία Choco, παρουσιάζει σήμερα δυνητικό ενδιαφέρον για την εμπορική εξόρυξη προσχωματικού χρυσού και πλατίνας. Η Κολομβιανή Μεταλλευτική Υπηρεσία έχει συλλέξει πληροφορίες για την

περιοχή αυτή μόνο από αναφορές αμερικανικών εταιρειών εξόρυξης χρυσού και πλατίνας στους ποταμούς San Juan και Atrato. Τα τελευταία 55 χρόνια δεν έχει πραγματοποιηθεί καμία έρευνα. Οι ντόπιοι μεταλλωρύχοι χρησιμοποιούσαν κυρίως εκσκαφείς, καθαριστήρες ή υδροανελκυστήρες για την εξόρυξη χρυσού. Κανείς δεν χρησιμοποίησε ποτέ τις κατάλληλες τεχνικές εξόρυξης, άρχισαν να εργάζονται χωρίς έρευνες. Οι τοπικές κοινότητες είναι πρόθυμες να παραχωρήσουν μεγάλες εκτάσεις για εξερεύνηση και περαιτέρω εξόρυξη των κοιτασμάτων (Γορδυнов 2015).



Εικόνα 3.3 Περιοχή πιθανής εμφάνισης πλατίνας στο Choco, Κολομβία. Περιοχή εξόρυξης προσχωματικής πλατίνας (σκιασμένη) και εμφάνιση υπερβασικών διεισδυτικών συμπλεγμάτων (μαύρες περιοχές) (Γορδυнов 2019).



ΕΠΙΛΟΓΟΣ

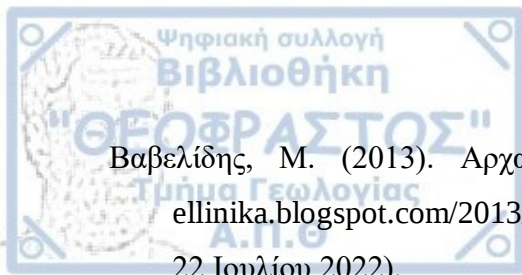
Τελειώνοντας, γίνεται κατανοητό ότι οι ανέσεις και οι ευκολίες της σύγχρονης ζωής θα ήταν αδύνατες χωρίς τα ορυκτά και τους γεωλόγους, που βοηθούν στην ανακάλυψη και την εξόρυξη τους. Στις μέρες μας, τα πολύτιμα ορυκτά όπως ο χρυσός, και η πλατίνα χρησιμοποιούνται πολύ περισσότερο για τα κοσμήματα και νομίσματα. Ο σύγχρονος κόσμος έχει μια ακόρεστη όρεξη για κινητά τηλέφωνα, tablets, φορητούς υπολογιστές, φωτογραφικές μηχανές, συσκευές αναπαραγωγής μουσικής και άλλα ηλεκτρονικά είδη. Από την ταχύτερη τεχνολογία έως τον πιο εξελιγμένο ιατρικό εξοπλισμό. Όλα αυτά τα εργαλεία απαιτούν μια ποικιλία μετάλλων και ορυκτών. Αυτές οι εφαρμογές είναι πραγματικά μόνο η κορυφή του παγόβουνου. Η μελέτη της Γεωλογίας αγγίζει πραγματικά τη ζωή μας κάθε μέρα, είτε το γνωρίζουμε, είτε όχι. Γι' αυτό φροντίστε να ευχαριστήσετε έναν γεωλόγο σήμερα!

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Andreou, S., Vavelidis, M., Meller, H., Risch, R., & Pernicka, E. (2014). So rich and yet so poor: investigating the scarcity of gold artefacts in Bronze Age northern Greece. *Metalle der Macht–Frühes Gold und Silber*, 6, 17-19.
- BSU. (н.д). Химическая классификация минералов. Факультет географии и геоинформатики.
- Chand, S. (n.d). Production and Distribution of Gold in India. Yourarticlelibrary.com.
- Deb, M., Tiwari, G., & Lahiri-Dutt, K. (2008). Artisanal and small-scale mining in India: selected studies and an overview of the issues. *International Journal of Mining, Reclamation and Environment*, 22(3), 194-209.
- GV Gold. (2014). Годовой отчёт www.gvgold.ru.
- Gunn, A. G., & Benham, A. J. (2009). Platinum.
- Hanchar, M. J. (1998) Geology 101- Paleoplacer gold deposits, Pt. 1. The Northern Miner.
- Massé, F., & Munevar, J. (2016). Due diligence in Colombia's gold supply chain. *Paris, France: Organisation for Economic Co-Operation and Development (OECD)*.
- McCosh, F. W. J. (1977). Jean Baptiste Boussingault and Platinum. *Platinum Metals Review*, 21(3), 97-100.
- McDonald, D., & Hunt, L. B. (1982). *A history of platinum and its allied metals*. Johnson Matthey Plc.
- O'Neill, J. J., & Gunning, H. C. (1934). *Platinum and allied metal deposits of Canada* (No. 13). Ottawa, JO Patenaude, printer to the King.
- O'Shea, J. (2019). Welcome Stranger: World's largest gold nugget remembered. <https://www.bbc.com/news/uk-england-cornwall-47041314> (accessed 6 August 2022).
- Part I: Platinum Placers and Deposits. (n.d.). http://nevada-outback-gems.com/placer_gold/Platinum_placers_P1.htm (accessed 1 October 2022).
- Tobón, M., Weber, M., Proenza, J. A., Aiglsperger, T., Betancur, S., Farré-de-Pablo, J., ... & Pujol-Solà, N. (2020). Geochemistry of platinum-group elements (PGE) in Cerro Matoso and Planeta Rica Ni-laterite deposits, Northern Colombia. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 72(3).
- Van Loon, S., & Bond, J. D. (2014). Yukon Placer Mining Industry Report 2010-2014.- Whitehorse, Canada (Yukon Geological Survey).
- Vodyanitskii, Y. N., & Savichev, A. T. Hydrogenic heavy metals pollution of alluvial soils in the city of Perm (the middle CIS-Urals region, Russia). *Restoration and ecological implications*, 161.

- Wilburn, D. R., & Bleiwas, D. I. (2004). Platinum-group metals—world supply and demand. *US geological survey open-file report, 1224*, 2004-1224.
- Виноградова, К. (2014). Кондёр: вчера, сегодня, завтра. Журнал "Направление - Дальний Восток.
- Волков, В. А., & Игем, Р. (2011). Перспективы золотодобычи в Иркутской области. *«Золото и технологии» № 3(10)/октябрь 2010 г.*
- Волков, А. В. (2017). Золотые перспективы Иркутской области. *Золото и технологии*, (4), 118–127.
- Горбунов, Р. (2015). Перспективы добычи драгметаллов в Колумбии. Золотодобыча, №204. <https://zolotodb.ru/article/11367>. (Взято из 2 Октября 2022).
- Горбунов, Р. (2019). Золото и платина провинции Чоко, Колумбия. Золотодобыча, №252. <https://zolotodb.ru/article/12215> (Взято из 2 Октября 2022).
- Демшина, Н. (2021). Якутия в тройке лидеров по добыче золота. <https://www.vnedra.ru/lyudi/intervyu/yakutiya-v-trojke-liderov-po-dobyche-zolota-13659/> (Взято из 12 Августа 2022).
- Додин, Д. А., Ланда, Э. А., & Лазаренков, В. Г. (2003). Платинометалльные месторождения мира. Т. II. *Платиносодержащие хромитовые и титаномагнетитовые месторождения. М.: 000" Геоинформмарк.*
- Дулов, В. А., Замятина Ю. Н., Масиэль Санчес, К. Л., & Павлинов, С. П. (2018). Иркутск. Большая российская энциклопедия. Электронная версия <https://bigenc.ru/geography/text/3872026> (Взято из 2 Августа 2022).
- Железняк, М. Н., & Шац, М. М. (2020). Мерзлотные и эколого-технологические условия золоторудного месторождения «Таборное» (Южная Якутия). *Недропользование XXI век*, (6), 142–153.
- Забродский, Г. С. (2010). Кондерское Месторождение. Большая российская энциклопедия. Том 15. Москва, стр. 21.
- Забродский, Г. С. (2014). Платиновые Руды. Большая российская энциклопедия. Том 26. Москва, стр. 374.
- Косинова, И. И. (2019). VI Международная научно-практическая конференция экологическая геология: теория, практика и региональные проблемы. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Геология*, (4), 104–105.
- Кривцов, А. И. (1988). Месторождения платиноидов:(Геология, генезис, закономерности размещения). *Итоги науки и техники. Рудные месторождения*, 18, 131.

- МПР, Р. (2007). Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твёрдых полезных ископаемых.
- Портнов, М. А. (2021). Общие сведения о россыпях золота, роль в сырьевой базе и добыче. «Природа» №2.
- Петров, Г. В., Бодуэн, А. Я., Мардарь, И. И., Иванов, Б. С., & Богинская, А. С. (2013). Ресурсы благородных металлов в техногенных объектах горно-металлургического комплекса России. *Успехи современного естествознания*, (3), 145–148.
- Рукович, А. В., & Рочев, В. Ф. (2017). Использование метода скважинной гидродобычи на россыпных месторождениях золота Южной Якутии. *Успехи современного естествознания*, (10), 101–106.
- Самойлова, Г. С., Дьяконов, В. М., Горячко, М. Д., & Прокинова, А. Н. Органы государственной власти.
- Самородский, П. Н., Мильман, В. З., & Михеев, В. Г. (2008). Промышленные типы месторождений полезных ископаемых.
- Скурский, М. Д., Вейц, Р. А., Возная, А. А., Грибанова, Г. И., & Кижаяева, Н. Н. (2021). Осадочные континентальные механогенные терригенные формации россыпных месторождений полезных ископаемых. *Техника*, (4), 4–39.
- Старостин, В. И., и Дорожкина, Л. А. (2016). Золотные Руды. Большая российская энциклопедия. Электронная версия. <https://bigenc.ru/geology/text/4128494> (Взято из 5 Августа 2022).
- Страшун, Б. А., Самойлова, Г. С., Замятина, Н. Ю., Пучков, П. И., Кузьминых, С. В., Харинский, А. В., Прокинова, А. Н., & Павлинов, П. С. (2008). Иркутская Область. Большая российская энциклопедия. Том 11. Москва, стр. 654.
- Суркова, А., & Емелина, Е. (2022). Золото, мигранты, аэропорт: мэр Бодайбо рассказал о жизни города и района. <https://www.irk.ru/news/articles/20220207/mayor/> (Взято из 12 Августа 2022).
- Талая, ручей (правый приток реки Якокит): Золото россыпное. (н.д.). https://nedradv.ru/nedradv/ru/find_place?obj=32a78c6fb833e980c6e44830ce0226a6 (Взято из 11 Августа 2022).
- Фролова, О. (2020) Где находится Клондайк, и добывают ли там еще золото. <https://travelask.ru/blog/posts/19422-gde-nahoditsya-klondayk-i-dobyvayut-li-tam-esche-zoloto> (Взято из 8 Августа 2022).
- Βαβελίδης, Μ. (1998). Αρχαίος χρυσός στην ανατολική Μακεδονία. <http://www.teeam.tee.gr/activit/ekdilosi/gold2.htm> (ανακτήθηκε 22 Ιουλίου 2022).



Βαβελίδης, Μ. (2013). Αρχαίος χρυσός στην ανατολική Μακεδονία. <https://arxaia-ellinika.blogspot.com/2013/03/arxaios-xrysos-anatolikis-makedonias.html> (ανακτήθηκε 22 Ιουλίου 2022).

Βενιού, Ε. (2013). Ψήγματα χρυσού σε φύλλα ευκαλύπτου. <https://www.tovima.gr/2013/10/23/science/psigmata-xrysoy-se-fylla-eykalyp toy/> (ανακτήθηκε 8 Μαΐου 2022).

Δασενάκης, Ε. (2015). Χημική ωκεανογραφία. Αθήνα: ΣΕΑΒ.

Δημόπουλος, Ν. (2008). Κατανομή ανακτώμενου και ολικού χρυσού σε ιζήματα από κυκλοστρωματογραφικές ακολουθίες του νεογενούς της δυτικής Κρήτης. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Κρήτης. Πολυτεχνική Σχολή. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων

Κατσιφάς, Χ. Σ. (2013). Φυσικοχημική μελέτη μακεδονικών χρυσών στεφανιών (No. GRI-2013-10455). Aristotle University of Thessaloniki.

Κελεπερτζής, Α. (2012). Ο πλούτος του ελληνικού υπεδάφους. <https://www.emprosnet.gr/emprosnet-archive/78aa0eb2-35a2-4673-a034-33ee4a656415> (ανακτήθηκε 27 Ιουλίου 2022).

Κωνσταντοπούλου, Γ. (1990). Κατανομή των στοιχείων της ομάδας του λευκόχρυσου (PGE) και του χρυσού σε χρωμιτικά μεταλλεύματα και πετρώματα του οφιολιθικού συμπλέγματος. (Doctoral dissertation, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Γεωλογίας).

Μανουσάκη-Ορφανουδάκη, Α. (χ.ε). Κοιτασματολογία: Γενικές έννοιες. <https://slideplayer.gr/slide/2333479/> (ανακτήθηκε 6 Απριλίου 2022).

Μέλφος, Β., & Βουδούρης, Π. (2022). Κοιτάσματα της Ελλάδας.

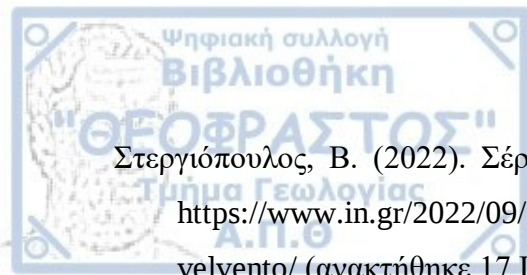
Μιχαηλίδης, Κ. Μ., Βαβελίδης, Μ. Κ., και Φιλλιπιδής, Α. Α., (1986). Σημειώσεις Κοιτασματολογίας 1. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Μπαρούνης, Ν. Α. (2013). Βοήθημα για ερευνητές προσχωματικού χρυσού.

Μπάτσαλας, Α. (2006). Γεωλογικοί παράμετροι και συγκεντρώσεις προσχωματικού χρυσού σε ψαμμίτες του φλύσχη της Ιονίου ζώνης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης.

Πετροπούλου, Α. (2019). Η λίμνη Βεγορίτιδα, ο Αξιός, ο Λουδίας και ο Γαλλικός. <https://pt.slideshare.net/hellaka/lake-148946497> (ανακτήθηκε 20 Αυγούστου 2022).

Σπηλιώτη Δ. (2017). Γεωτεχνικές συνθήκες ευστάθειας υπεράκτιων ενεργειακών κατασκευών στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο. Πτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Πολυτεχνική Σχολή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών.



Στεργιόπουλος, Β. (2022). Σέρβια και Βελβεντό: Οι ιστορικές κωμοπόλεις της Κοζάνης. <https://www.in.gr/2022/09/22/life/diakopes/the-experts-way/kozani-ta-servia-kai-velvento/> (ανακτήθηκε 17 Ιουλίου 2022).

Τζεν, Ρ. (2021). Ο χρυσός στην αρχαία Ελλάδα. <https://arxaia-ellinika.blogspot.com/2021/12/xrysos-arxaia-ellada.html> (ανακτήθηκε 5 Αυγούστου 2022).

Χαριστός, Β. Δ. (2010). *Μελέτη προσχωματικού χρυσού στις περιοχές Σερβίων Κοζάνης και των ποταμών Αλιάκμονα και Αξιού* (No. GRI-2010-5694). Aristotle University of Thessaloniki.