

Από τον Πολιτισμό του άφθονου και ταπεινού Λίθου στον Πολιτισμό των Σπάνιων Γαιών (*Rare Earths*).



της Ευφροσύνης Ηρ. Μπούτσικα, Διπλωμ. Ηλεκτρ. Μηχανικός, Msc

«Μαζί με τον κόσμο ξεκίνησε ένας πόλεμος που δε θα τελειώσει παρά μόνο όταν τελειώσει ο κόσμος, όχι νωρίτερα: ο πόλεμος του ανθρώπου εναντίον της φύσης, του πνεύματος εναντίον της ύλης, της ελευθερίας εναντίον της μοίρας. Η ιστορία δεν είναι τίποτα άλλο παρά η αφήγηση αυτής της ατέλειωτης πάλης»

MICHELET JULES, Εισαγωγή στην Παγκόσμια Ιστορία, 1831

«Σώστε την πατρίδα γη! Πρέπει να διατηρήσουμε, πρέπει να σώσουμε την πατρίδα Γη. Κάτω από αυτές τις συνθήκες μπορεί να πραγματοποιηθεί μέσα μας η σύγκλιση των αληθειών που έρχονται από τους πιο ποικίλους ορίζοντες, άλλες από τις επιστήμες, άλλες από τις ανθρωπιστικές σπουδές, άλλες από την πίστη, άλλες από την ηθική, άλλες από την συνείδηση του ότι ζούμε την περίοδο του Σιδήρου της πλανητικής εποχής».

Εντγκάρ Μορέν

Καθημερινά δεχόμαστε έναν καταιγισμό ειδήσεων σχετικά με νέες ανακαλύψεις, με πρόοδο του πολιτισμού, που πριν μόλις μερικές δεκαετίες, πολλές από αυτές υπήρχαν μόνο στη σφαίρα της φαντασίας του ανθρώπου.

Η έννοια του ανθρώπινου πολιτισμού μπορεί να προσδιοριστεί σε συνάφεια και κατ' αντιπαράθεση με την έννοια της φύσης. Οι ενέργειές του όμως δεν καθορίζονται αποκλειστικά και μόνο από φυσικές νομοτέλειες και δεν αποτελούν μια τυφλή ακολουθία φυσικών ή γεωλογικών γεγονότων. Αντίθετα, συνδέονται με σκοπούς, προκύπτουν από επιλογές, υποβάλλονται σε λογικές επεξεργασίες και υπόκεινται σε κανόνες. Στη διαδρομή των αιώνων ο άνθρωπος κινείται από το απλούστερο στο συνθετότερο, από το ανεπαρκέστερο στο πληρέστερο και από το ατελέστερο στο τελειότερο, προσπαθώντας να λύσει ένα σύνολο προβλημάτων που θα του επιτρέψουν να βελτιώσει τις συνθήκες της ζωής του.

Λέξεις όπως "τεχνολογία", "τεχνολογική ανακάλυψη", "τεχνολογικός πολιτισμός", κ.λ.π. που κυριαρχούν στην καθημερινή μας ζωή είναι λέξεις που γεννήθηκαν τον 20^ο αιώνα. Όμως η φύση είναι κάτι το έτοιμο, το δεδομένο και το πρωταρχικό και ο πολιτισμός είναι κάτι το επίκτητο, το «κατασκευασμένο» και το δευτερογενές. Για να προχωρήσουμε ένα βήμα παραπέρα πρέπει να μπούμε ένα βήμα βαθύτερα στα σπλάχνα της γής μας. Γιατί εκεί κρύβονται τα μυστικά όλων των μεγάλων τομών που άλλαξαν τις δομές των κοινωνιών της γης και επέφεραν την γένεση νέων θρησκειών, τεχνολογιών, ιδεολογιών, θεσμών καθώς και οικονομικών και κοινωνικών πραγματικοτήτων.

Αυτή την εποχή που γεμάτοι απορία κοιτάζουμε τα αστέρια και ψάχνουμε στην αναλαμπή τους μια υπόσχεση σωτηρίας και συνέχειας του ανθρωπίνου γένους μας, ζούμε την περίοδο του Λίθου της νέας εποχής του μελλοντικού πλανητικού πεπρωμένου μας.

Η ιστορία του τεχνολογικού πολιτισμού του ανθρώπου διαιρείται σε εποχές που χαρακτηρίστηκαν ανάλογα με τα ορυκτά που αυτός μπορούσε να επεξεργαστεί για να παράγει δημιουργήματα, από απλά εργαλεία μέχρι σύνθετες συσκευές, που θα τον βοηθούσαν να επιβιώσει ξεπερνώντας συνεχή προβλήματα και βελτιώνοντας τη θέση του μέσα στη φύση και τα οποία θα σηματοδοτήσουν την εξέλιξη του ως είδος και θα σημάδουν και την αρχή του ανθρώπινου πολιτισμού. Από την εμφάνιση του *Homo habilis* μέχρι και το 4000 π.Χ. περίπου, ένα διάστημα δύο εκατομμυρίων ετών, ο άνθρωπος κατασκεύαζε τα εργαλεία και τα όπλα του από πέτρα, ξύλο ή οστά. Η πέτρα ήταν το πιο ανθεκτικό από αυτά τα υλικά, επομένως τα λίθινα αντικείμενα είχαν τις περισσότερες πιθανότητες να διατηρηθούν μέχρι και σήμερα, ως τεκμήρια των αρχαίων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Αυτή η μακρά περίοδος είναι γνωστή ως Λίθινη Εποχή ή ως Εποχή του Λίθου, ένας όρος που χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Ρωμαίο ποιητή Τίτο Λουκρήτιο Κάρο (95-55 π.Χ.) και επαναφέρθηκε από έναν Δανό αρχαιολόγο, τον Christian Jurgensen Thomsen (1788-1865), το 1834.



Ως Εποχή του Λίθου ή Λίθινη Εποχή ορίζεται η περίοδος πριν από την εποχή του χαλκού, κατά τη διάρκεια της οποίας ο άνθρωπος χρησιμοποίησε λίθινα τεχνουργήματα (πέτρα) και εκτείνεται σε μια μεγάλη περίοδο που ξεκίνησε πριν από 2,5 εκατομμύρια χρόνια περίπου έως το 3.300 π.Χ., το τέλος δηλαδή της τελευταίας Εποχής των Παγετώνων ή Παγετώδους. Διαιρείται στην Παλαιολιθική περίοδο (2,5εκ π.Χ. - 10.000 π.Χ.), στην Μεσολιθική (10.000 π.Χ. - 8.000 π.Χ.) και την Νεολιθική (8.000 π.Χ. - 3.300 π.Χ.).

Η πέτρα είναι το υλικό το οποίο δημιουργείται από γεωλογικές διαδικασίες και προέρχεται από πετρώματα. Οι πέτρες αυτές περιείχαν μέταλλα και πολλά άλλα φυσικά χημικά στοιχεία.

Εξ αυτών το πυρίτιο (Si) το φυσικό αυτό χημικό στοιχείο - που βρίσκεται στη δομή του γήινου φλοιού και συμμετέχει σε ποσοστό κατά 28% περίπου σε χημικές κρυσταλλικές ενώσεις- είναι το στοιχείο που μας οδήγησε σε δύο μεγάλες εξελικτικές εποχές. Στην Λίθινη Εποχή και στην Ψηφιακή Εποχή.



Αυτή η ταπεινή πετρούλα κρύβει μέσα της τα μυστικά της Συμπαντικής προέλευσης μας.

Ο πυριτόλιθος

Ο πελεκημένος πυριτόλιθος έγινε όπλο και εργαλείο, πρόσφερε τροφή και ασφάλεια. Έχουν αναλυθεί με φυσικές μεθόδους για να εντοπισθεί το λατομείο (π.χ. στη νότια Αγγλία και Πυριτόλιθος ηπειρωτική Ευρώπη κατά τη Νεολιθική περίοδο και Εποχή του Χαλκού).



Αποτελείται κυρίως από χαλαζία, αλουμινοπυριτούχα και βαρέα ορυκτά και είναι μη ασβεστούχα. Μετρήσεις σε πυριτόλιθου αναφέρονται στο Al, Th, Fe, Sc, αλλά και σε άλλαιχνοστοιχεία.

Ο κόσμος των πετρωμάτων και των γεωλογικών στρωμάτων φαίνεται σταθερός. Και όμως αυτή η σταθερότητα είναι μια αυταπάτη που έχει τις ρίζες της στην ανθρώπινη εμπειρία του χρόνου. Σε μεγάλες χρονικές κλίμακες τα πετρώματα δεν είναι καθόλου σταθερές μονάδες, όπως καθόλου σταθερός δεν είναι και ο γήινος φλοιός. Απεναντίας, τα πετρώματα φαίνεται να είναι ιδιαίτερα μεταβαλλόμενες και μεταλλασσόμενες δομές, που μεταπίπτουν από τη μια μορφή στην άλλη, αδιάκοπα. Δημιουργούνται, καταστρέφονται και αναγεννιούνται υπακούοντας στον κανόνα «οτιδήποτε παλιό γίνεται καινούργιο πάλι»

Σε βάθος γεωλογικών χρόνων, με την αντίθετη δράση δυνάμεων δημιουργίας και καταστροφής, εξωγενών (π.χ. αποσάθρωση, διάβρωση) και ενδογενών διεργασιών (π.χ. κίνηση λιθοσφαιρικών πλακών), παρατηρείται μια αέναη και δυναμικά μεταβαλλόμενη κατάσταση μετάπτωσης- μετασχηματισμού των πετρωμάτων από μία κατηγορία σε μία άλλη. Κάθε ένας από τους μετασχηματισμούς μπορεί να διακοπεί σ' ένα στάδιο, γι' αυτό και πολλές φορές τα όρια της μεταξύ τους διάκρισης ενδεχομένως να μην είναι ξεκάθαρα.

Ο γεωλογικός αυτός κύκλος μετασχηματισμού των ορυκτών και πετρωμάτων, γνωστός ακόμη από την εποχή του Χουκ (R. Hooke 17^{ος} αιώνας), είναι ιδιαίτερα αργός, αλλά διαρκής και καθημερινός. Δείχνει την κινητικότητα και συνεχή μεταλλαγή της ύλης του γήινου φλοιού. Αποτελεί μια αέναη δυναμική διεργασία. Είναι ένα σημαντικότατο στοιχείο των διαδικασιών της συνεχούς εξέλιξης και ζωντανίας του πλανήτη μας. Δεν είναι όμως ανεξάρτητος από τους άλλους κύκλους αλλαγών, κυρίως του ίδιου του φλοιού, αλλά ιδιαίτερα του κύκλου του νερού

Τα υλικά όμως που συνιστούν το σύνολο του φλοιού της Γης παρουσιάζουν μια πολύ μεγάλη ποικιλομορφία. Αρχικά μπορούν να διακριθούν με βάση την ατομική τους δομή σε δύο γενικές κατηγορίες, στα κρυσταλλικά στερεά, τα οποία παρουσιάζουν μία τάξη στη διάταξη των ατόμων στο χώρο και στα ρευστά στα οποία απουσιάζει η τάξη. Στα ρευστά, εκτός από το νερό, συμπεριλαμβάνονται και ορισμένα τμήματα του εσωτερικού της Γης, όπως ο εξωτερικός πυρήνας και τα μάγματα, δηλαδή λιωμένα πετρώματα. Ωστόσο η Γη περιλαμβάνει στο σύνολο της πολυκρυσταλλικά συσσωματώματα ποικίλης σύστασης και διαφορετικών ιδιοτήτων, τα πετρώματα, τα οποία δεν είναι και τόσο σταθερά όσο νομίζουμε. Τα πετρώματα και τα ορυκτά τους διαθέτουν μνήμη. Διατηρούν πληροφορίες για τον τρόπο και τις συνθήκες δημιουργίας τους, τη θερμοκρασία σχηματισμού τους και πολλές άλλες, που με τα σύγχρονα μέσα οι επιστήμονες προσπαθούν να αποκρυπτογραφήσουν.

Ενώ για τον περισσότερο κόσμο είναι αδιάφορα υλικά, για το γεωλόγο αποτελούν πλούσιες πηγές πληροφοριών, πληροφορίες όμως πολλές φορές «γραμμένες» σε άγνωστες «γραφές» που πρέπει πρώτα να αποκωδικοποιηθούν και μετά να «διαβαστούν». Επιπλέον, θα μπορούσαμε να τα παρομοιάσουμε σαν τα παλίμψηστα, τους παπύρους που ξαναχρησιμοποιήθηκαν, έχουν γραφεί, σβηστεί και ξαναγραφεί και μάλιστα πολλές φορές.

Τα πετρώματα που βρίσκονται στο φλοιό της Γης εμφανίζουν μια πολύ μεγάλη και θαυμαστή ποικιλία. Άλλα προέρχονται από τη στερεοποίηση διάπυρου υλικού του βάθους του μάγματος, ενώ άλλα προέρχονται από τη σύμπτυξη και τη συγκόλληση χαλαρών υλικών, δηλαδή ιζημάτων που αποτίθενται στην επιφάνεια της Γης, σε θαλάσσιες λεκάνες, λίμνες ή στην ξηρά, σε ποτάμια, πλαγιές και κοιλάτες. Στα πρώτα, που σχηματίζονται στο εσωτερικό του φλοιού από το μάγμα σε υψηλές θερμοκρασίες, δόθηκε το όνομα πυριγενή, δηλαδή πετρώματα της φωτιάς και ιδιαίτερα σ' εκείνα που σταδιακά διαφοροποιούνται και σχηματίζονται στο βάθος με αργή σταδιακή κρυστάλλωση, δόθηκε το όνομα του θεού του κάτω κόσμου Πλούτωνα.

Ονομάζονται δηλαδή πλουτώνια πετρώματα (plutonic rocks). Και είναι τα μεγαλύτερα σε όγκο στο γήινο φλοιό. Όλοι γνωρίζουμε τους γρανίτες, τα σπουδαιότερα πυριγενή-πλουτώνια πετρώματα. Σ' εκείνα τα πετρώματα της φωτιάς, που στερεοποιούνται γρήγορα σε επιφανειακές συνθήκες, τιμήθηκε το όνομα ενός άλλου ακούραστου τεχνίτη θεού του Ήφαιστου (Volcanus στα λατινικά). Τα πετρώματα αυτά έχουν το όνομα ηφαιστειακά (volcanic rocks). Τα περισσότερα ορυκτά του γήινου φλοιού έχουν ως βάση του πλέγματος του το χημικό στοιχείο πυρίτιο (Si), όπως οι οργανικές ενώσεις έχουν τον άνθρακα (C). Πυρίτιο και άνθρακας έχουν αρκετές ομοιότητες, και διαφορές φυσικά, με σπουδαιότερη ότι και τα δύο στοιχεία διαθέτουν τέσσερις μονάδες συγγένειας, δηλαδή τέσσερα χέρια για να δημιουργούν πολύπλοκα και πολυποίκιλα μακρομόρια.

Από τα 92 γνωστά φυσικά χημικά στοιχεία, στη δομή του γήινου φλοιού συμμετέχουν το οξυγόνο (O) σε χημικές κρυσταλλικές ενώσεις σε ποσοστό περίπου 46%, το στοιχείο πυρίτιο (Si) 28%, το αργίλιο (Al) 8%, ο σίδηρος (Fe) 6%, το ασβέστιο (Ca) 5%, ενώ τα απαραίτητα για την καλή λειτουργία του οργανισμού μας στοιχεία Μαγνήσιο (Mg), Νάτριο (N), Κάλιο (K) κυμαίνονται μεταξύ 1 και 3% και τα υπόλοιπα σπάνια χημικά στοιχεία σε ποσοστά μικρότερα του 1%. Πολλά από τα απαραίτητα ή πολύτιμα, με οικονομικούς όρους στοιχεία, όπως Χαλκός (Cu), Μαγγάνιο (Mn), Φωσφόρος (P), Χρυσός (Au), είναι ιδιαίτερα σπάνια και η αναζήτηση τους σε ικανές εκμεταλλεύσιμες συγκεντρώσεις προϋποθέτει επίπονη γεωλογική και εξορυκτική δουλειά.

Το πυρίτιο (Si)

Το πυρίτιο (λατινικά silicium και αγγλικά: silicon) είναι το χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο Si, ατομικό αριθμό 14 και ατομική μάζα 28,0855 amu. Είναι τετρασθενές μεταλλοειδές, που ανήκει στην ομάδα 14 (πρώην IVA) του περιοδικού πίνακα μαζί με τον άνθρακα, το γερμάνιο, τον κασσίτερο και το μόλυβδο.

Το πυρίτιο είναι το όγδοο (8ο) κατά μάζα σε αφθονία χημικό στοιχείο στο σύμπαν, αλλά σπανίως βρίσκεται σε χημικά καθαρή στοιχειακή μορφή στη φύση. Η πιο συνηθισμένη μορφή του, τόσο στη διαστρική σκόνη, όσο και σε αστεροειδείς, δορυφόρους και πλανήτες είναι το διοξείδιο του πυριτίου (SiO₂) και διάφορες άλλες πυριτικές ενώσεις. Πάνω από το 90% του φλοιού της Γης αποτελείται από πυριτιούχα ορυκτά, γεγονός που το καθιστά το δεύτερο (2ο) κατά μάζα σε αφθονία χημικό στοιχείο στον πλανήτη μας (περίπου 28%, πάντα κατά μάζα), μετά από το οξυγόνο (O).



Το ίδιο το στοιχειακό πυρίτιο έχει επίσης τεράστια σημασία για τη σύγχρονη παγκόσμια οικονομία. Το ποσοστό του εμπορικά αξιοποιούμενου πυριτίου που χρησιμοποιείται σε τέτοιες εφαρμογές είναι σχετικά μικρό (< 10%), αλλά ίσως είναι το πλέον κρίσιμο για τη σύγχρονη οικονομία. Κι αυτό γιατί αποτελεί τη βάση των ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και ιδιαίτερα των μικροσίπ, που αποτελούν, με τη σειρά τους, τη βάση των ηλεκτρονικών υπολογιστών- σε όλες τους τις μορφές- που απαιτεί σε μεγάλο βαθμό η σύγχρονη τεχνολογία και ο σύγχρονος τρόπος ζωής, γενικότερα.

Από αυτό το φτηνό σχετικά χημικό στοιχείο δημιουργήθηκε μια διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης, το transistor που με την σειρά του μας ανοίξε τις πύλες της Ψηφιακής εποχής και της 3^η Βιομηχανικής Επανάστασης.

Το τρανζίστορ (αγγλικά: transistor), στα ελληνικά κρυσταλλοτρίδος και παλαιότερα κρυσταλλολυχνία, είναι διάταξη ημιαγωγών στερεάς κατάστασης, η οποία βρίσκει διάφορες εφαρμογές στην ηλεκτρονική, μερικές εκ των οποίων είναι η ενίσχυση, η σταθεροποίηση τάσης, η διαμόρφωση συχνότητας, η λειτουργία ως διακόπτης και ως μεταβλητή ωμική αντίσταση. Το τρανζίστορ μπορεί, ανάλογα με την τάση με την οποία πολώνεται, να ρυθμίζει την ροή του ηλεκτρικού ρεύματος που απορροφά από συνδεδεμένη πηγή τάσης. Τα τρανζίστορ κατασκευάζονται είτε ως ξεχωριστά ηλεκτρονικά εξαρτήματα είτε ως τμήματα κάποιου ολοκληρωμένου κυκλώματος. Το πρώτο τρανζίστορ πυριτίου κατασκευάστηκε από την TexasInstruments το 1954. Ήταν εργασία του GordonTeal, ενός ειδικού στην παραγωγή κρυστάλλων υψηλής καθαρότητας που εργάζονταν προηγουμένως στα BellLabs. Το πρώτο MOS τρανζίστορ κατασκευάστηκε από τους Kahng και Atalla στα BellLabs το 1960. Ουσιαστικά, είναι ο αντικαταστάτης της ηλεκτρονικής λυχνίας

Τα transistor πυριτίου εμφανίζουν ενεργειακό χάσμα από 1 μέχρι και 1,3eV (ηλεκτρονιοβόλτ)

Το τρανζίστορ θεωρείται μία από τις μεγαλύτερες εφευρέσεις του 20ου αιώνα. Είναι το κυριότερο συστατικό όλων σχεδόν των σύγχρονων ηλεκτρονικών κατασκευών. Η πλατιά χρήση του οφείλεται κυρίως στη δυνατότητα παραγωγής του σε τεράστιες ποσότητες που μειώνουν το κόστος ανά μονάδα και συνδέεται με την έννοια της ψηφιακής εποχής ή της ψηφιακής επανάστασης και μεταφέρει τις επιπτώσεις της αλλαγής από την παραδοσιακή βιομηχανία (την οποία εγκαθίδρυσε η βιομηχανική επανάσταση μέσα από την εκβιομηχάνιση) σε μια οικονομία που βασίζεται στο χειρισμό των πληροφοριών.

Ο όρος εποχή της πληροφορίας, γνωστή και ως εποχή των υπολογιστών, αναφέρεται στην ιδέα ότι η σημερινή εποχή χαρακτηρίζεται από την δυνατότητα των ανθρώπων να ανταλλάσσουν και να μεταφέρουν πληροφορίες ελεύθερα και να έχουν άμεση πρόσβαση σε γνώσεις που θα ήταν δύσκολο ή αδύνατο να βρεθούν στο παρελθόν. Η περίοδος αυτή θεωρείται ότι ξεκίνησε γύρω στα τέλη του δεύτερου μισού του 20ού αιώνα μ.Χ., χωρίς να υπάρχει επίσημη ημερομηνία έναρξης. Με την εφεύρεση των κοινωνικών μέσων μαζικής ενημέρωσης στις αρχές του 21ου αιώνα, μερικοί ισχυρίζονται ότι η εποχή της πληροφορίας έχει μετεξελιχθεί στην εποχή της προσοχής.

Ο όρος αυτός - εποχή της προσοχής-έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως από τα τέλη του 1980 και κατά τη διάρκεια του 21ου αιώνα.

(Παρόλο που αρκετοί παραγωγοί παράγουν, ακόμα και σήμερα, μεμονωμένες συσκευασίες τρανζίστορ, η μεγαλύτερη ποσότητα παράγεται μέσα σε ολοκληρωμένα κυκλώματα (που συχνά αναφέρονται ως τσιπς) μαζί με τις διόδους, αντιστάσεις, πυκνωτές και άλλα ηλεκτρονικά εξαρτήματα.)

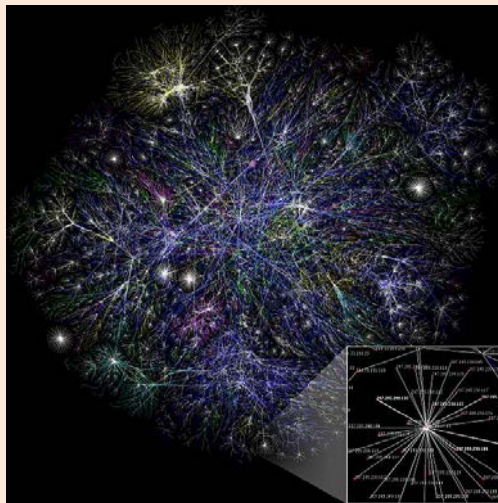
Τελικά η τεχνολογία της πληροφορικής και των επικοινωνιών (όπως είναι οι υπολογιστές και γενικά των ηλεκτρονικών υπολογιστικών μηχανημάτων, των οπτικών ινών, των επικοινωνιακών δορυφόρων, του

Διαδικτύου) έγινε σημαντικό μέρος της σύγχρονης οικονομίας. Οι υπολογιστές εξελίσσονταν συνεχώς και σαν αποτέλεσμα πολλές επιχειρήσεις γνώρισαν δραματικές αλλαγές.

Ο Δυτικός «πολιτισμένος κόσμος» μετατράπηκε σε μια οικονομία Παροχής Υπηρεσιών.

Στον ψηφιακό κόσμο, τα αντικείμενα που μας περιβάλλουν αποκτούν τη δική τους «φωνή» και τη δική τους σύνδεση με το Διαδίκτυο, μερικές φορές αισθανόμαστε σαν να αποκτούν οντότητα. Σε συνδυασμό με τις ανεξάντλητες δυνατότητες του υπολογιστικού νέφους (cloud computing) συσκευές και αισθητήρες συνδυάζονται σε ένα υπερσύνολο παραγωγής δεδομένων για να μας ενημερώσουν, να μας βοηθήσουν, να μας προστατέψουν, να μας προειδοποιήσουν, να μας φροντίσουν και να κάνουν την καθημερινότητά μας στη δουλειά και στο σπίτι καλύτερη, απλούστερη, ευκολότερη. Αν και είμαστε ακόμα στην αρχή αυτής της νέας εποχής, κανείς δεν αμφισβητεί πια πως μετά τον ατμό, τον ηλεκτρισμό και τους υπολογιστές, η 4η Βιομηχανική Επανάσταση, αυτή του διασυνδεδεμένου Σύμπαντος, βρίσκεται προ των πυλών, για να αλλάξει άλλη μια φορά τους κανόνες του παιχνιδιού δίνοντας το βάρος σε ουσιαστικότερα προσόντα του Ανθρώπινου είδους από αυτά του μόχθου και της φυσικής δύναμης. Στο προσόν της προσοχής, της κριτικής σκέψης, της γρήγορης και λιτής επικοινωνίας και αυξημένης οξύνοιας και εμπάθουσας.

Η 4η Βιομηχανική Επανάσταση ενσωματώνει την τεχνολογική εξέλιξη, όπως η ρομποτική ή η τεχνική νοημοσύνη με την καθημερινότητα, με χρήση της στιγμής, εντάσσοντας την στο κραταιό Κράτος της ανάγκης. Οι νέες συσκευές υψηλής τεχνολογίας που κατασκευάζονται χρησιμοποιούν ως πρώτες ύλες σημαντικά υλικά που μέχρι τώρα δεν μας είχαν απασχολήσει πολύ δεν ισωςέχουμε ακούσει η δεν γνωρίζουμε την φύση τους. Αυτά τα υλικά αποκαλούνται «σπάνιες γαίες».



Οπτικοποιημένη αναπαράσταση διαφόρων διαδρομών (routes) διαμέσου ενός τμήματος του Διαδικτύου

Σπάνιες Γαίες

Οι σπάνιες γαίες όπως ονομάζονται (rare earth elements -REE) είναι τα πιο σημαντικά υλικά και αναγκαία για την κατασκευή των συσκευών υψηλής τεχνολογίας.



Οι σπάνιες γαίες αποτελούνται από μια ομάδα δεκαεπτά μετάλλων με μοναδικές ιδιότητες, τα οποία χρησιμοποιούνται με ολοένα μαζικότερο τρόπο στην καινοτόμο βιομηχανία της υψηλής τεχνολογίας. Τα λείζερ, τα κινητά τηλέφωνα και οι οθόνες υγρών κρυστάλλων περιέχουν σπάνιες γαίες, ενώ οι νέες επιδόσεις των τελευταίων γενεών τερματικών «μαζικής σύνδεσης», από το iPhone έως τα ηλεκτρονικά βιβλία, οφείλονται, εν μέρει, στις ιδιότητες αυτών των στοιχείων.

Όμως και οι νέες «πράσινες» βιομηχανίες εξαρτώνται από αυτά: οι μπαταρίες των υβριδικών αυτοκινήτων, τα φωτοβολταϊκά, οι λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης ή οι τουρμπίνες των ανεμογεννητριών στηρίζονται στα «μέταλλα που ντοπάρουν», στο Νεοδύμιο, στο Λουτέσιο, στο Δυσπρόσιο, στο Ευρώπιο και στο Τέρβιο. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν επίσης πολλά υποσχόμενους καταλύτες για τη διύλιση του πετρελαίου, ενώ η αμυντική βιομηχανία τα χρησιμοποιεί σε κρίσιμα οπτικά συστήματα, όπως οι πύραυλοι τύπου Κρουζ, τα τηλεκατευθυνόμενα πυρομαχικά, τα ραντάρ ή οι υψηλής τεχνολογίας θωρακίσεις.

Στη Χημεία, σπάνιες γαίες καλούνται τα μέταλλα (χημικά στοιχεία) τα οξειδία των οποίων είναι γαιώδους μορφής και κλήθηκαν έτσι λόγω της εξαιρετικής σπανιότητάς τους. Αυτά τα μέταλλα λέγονται και λανθανίδες εκ του ονόματος του πρώτου στοιχείου της κατηγορίας αυτών στον Περιοδικό πίνακα. Παρουσιάζουν σχεδόν τις ίδιες φυσικές και χημικές ιδιότητες. Στην κατηγορία αυτή υπάγονται τα ακόλουθα χημικά στοιχεία που μόνο για λόγους ευκολίας υποδιαιρούνται σε τρεις υποομάδες:

Group →	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
↓Period																		
1	1 H																	2 He
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
6	55 Cs	56 Ba	*	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	**	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
				89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

Περιοδικός Πίνακας των Στοιχείων

1η Υποομάδα: Λανθάνιο, Δημήτριο, Πρασεοδύμιο, Νεοδύμιο, Προμήθειο και Σαμάριο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά μοναζίτης, τσερίτης και αλλανίτης.

2η Υποομάδα: Ευρώπιο, Γαδολίνιο και Τέρβιο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά σαμαρσκήτης και μερικά είδη ξενότιμου.

3η Υποομάδα: Δυσπρόσιο, Όλμιο, Ύτριο, Έρβιο, Θούλιο, Υτέρβιο και Λουτέσιο. Κύριες πηγές των στοιχείων αυτής της υποομάδας είναι τα ορυκτά γαδολινίτης, ξενότιμο, ευξενίτης και φεργκιουσονίτης.

Από τα παραπάνω μέταλλα, το Λανθάνιο, το Δημήτριο και το Νεοδύμιο δεν είναι σχετικά τόσο σπάνια σε αντίθεση με το Ευρώπιο, το Τέρβιο και το Θούλιο που είναι εξαιρετικά σπάνια.



Το Bayan-Obo από δορυφόρο.

Τα ορυκτά, στα οποία απαντώνται οι σπάνιες γαίες ή λανθανίδες εντοπίζονται κυρίως στην Κίνα, την Νορβηγία, τις ΗΠΑ, τη Βραζιλία, την Ινδία και την Αυστραλία.

Το Bayan-Obo (ΜπαγιάνΟμπο), το μεγαλύτερο «κοίτασμα» σπάνιων γαιών του κόσμου που βρίσκεται στην Εσωτερική Μογγολία της Κίνας (διαθέτει περισσότερα από 40 εκατ. τόνους REE ορυκτών και μετά από 40 και πλέον χρόνια εξόρυξης έχει αποληφθεί μόλις το 35%) περιέχει Μοναζίτη - Μπασναζίτη (Bastnasite) και ελαφρές γαίες Δημητρίου (Ce), Υτρίου (Y) και Λανθανίου (La). Ωστόσο, περιέχει και Θόριο (Th) το οποίο ανιχνεύεται στα απορρίμματα (tailings) της εκμετάλλευσης, δημιουργώντας εστίες μόλυνσης του εδάφους και των νερών στην ευρύτερη περιοχή Βαοτου.

Η Κίνα παρήγαγε περίπου 81.000 τόνους σπανίων γαιών το 2001, ο αριθμός αυτός ανέβηκε σε περίπου 120.000 τόνους μέχρι το 2006. Σύμφωνα με την Κινεζική Εταιρεία των σπάνιων γαιών, 9.600 έως 12.000 κυβικά μέτρα (340.000 έως 420.000 κυβικά πόδια) φυσικού αερίου που περιέχουν πυκνή σκόνη αποβλήτων - υδροφοβικό οξύ, διοξείδιο του θείου και θειικό οξύ- απελευθερώνονται με κάθε τόνο των σπάνιων μετάλλων που εξορύσσονται. Περίπου 75 κυβικά μέτρα (2.600 κυβικά πόδια) από όξινα υγρά απόβλητα, συν περίπου ένας τόνος αποβλήτων ραδιενεργών καταλοίπων παράγονται επίσης.

Αναλυτικότερα:

Το χημικό στοιχείο *Λανθάνιο* είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 57. Η χρήση Λανθανίου και γενικότερα σπάνιων γαιών έχει γενικευθεί με την τεχνολογική πρόοδο. Έτσι, το Λανθάνιο χρησιμοποιείται σήμερα ως πρόσθετο στα φωτοβολταϊκά τόξα που χρησιμοποιούν τα κινηματογραφικά στούντιο για τεχνητό φωτισμό. Επειδή βελτιώνει τις ιδιότητες του γυαλιού χρησιμοποιείται αντί των αλκαλίων για την παρασκευή ανθεκτικών γυαλιών και οπτικών οργάνων. Η ιδιότητά του να απορροφά υδρογόνο ερευνάται για τη δημιουργία μηχανισμών εξοικονόμησης ενέργειας, καθώς η απορρόφηση αυτή συνοδεύεται από απελευθέρωση θερμότητας, ενώ η διαδικασία είναι πλήρως αναστρέψιμη.

Το μέταλλο *Δημήτριο* χρησιμοποιείται στη κατασκευή του λεγόμενου πυροφόρου κράματος. Το κράμα αυτό αποτελείται από 70% Δημήτριο και 30% σίδηρο (μαγγάνιο, νικέλιο, κοβάλτιο). Επειδή το πυροφόρο κράμα έχει την ιδιότητα όταν προστριβεται σε χαλύβδινο τροχό με εγκοπές να δημιουργεί σπινθήρες ικανούς να αναφλέγουν ατμούς βενζίνης, οινοπνεύματος και φωταερίου. Για το λόγο αυτό και κατασκευάζονται εξ αυτού οι "πέτρες" αναπτήρων. Το οξείδιο του τετρασθενούς δημητρίου χρησιμοποιείται στους καταλύτες των οχημάτων, καθώς αντιδρά με το μονοξείδιο του άνθρακα.

Η κυριότερη, όμως, εφαρμογή των ενώσεων του δημητρίου είναι στη κατασκευή των αμιάντων τύπου "άουερ" που χρησιμοποιούνται σε λυχνίες φωταερίου. Οι αμιάντοι αυτοί, όταν καούν, αποτελούνται από οξείδιο θορίου που περιέχει περίπου 1% δημήτριο, σχηματίζοντας έτσι δια της καύσης φλόγα μέσα σε δικτυωτό βαμβακερό ύφασμα που έχει απορροφήσει νιτρικό βόριο και νιτρικό δημήτριο.

Επίσης άλατα του τετρασθενούς Δημητρίου και ειδικά το Θεϊκό Δημήτριο χρησιμοποιούνται στην παρασκευαστική οργανική χημεία ως ισχυρά οξειδωτικά μέσα. Τέλος, το οξείδιο του Δημητρίου χρησιμοποιείται σε χρώσεις υάλου και σε είδη κεραμεικής.

Τα άλατα του χημικού στοιχείου *Πρασεοδύμιο* ή *Πρασινοδύμιο* χρησιμοποιούνται σε σμάλτα και σε χρωματιστά γυαλιά.

Το χημικό στοιχείο *Προμήθειο* είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 61 είναι εξαιρετικά ραδιενεργό στοιχείο με το σταθερότερο του ισότοπο να έχει χρόνο ημιζωής μόλις 17,7 έτη.

Ο *Μοναζίτης* αποτελεί σημαντικό μέταλλευμα των σπανίων γαιών. Έχει ρητινώδη, υαλώδη έως αδαμάντινη λάμψη. Μπορεί να ανευρίσκεται και υπό μορφή άμμου σε παράλιες ή ποτάμιες αποθέσεις και, σπανιότερα, σε ζώνες ισχυρής αποσάθρωσης.

Ο *Αλλανίτης* (Allanite), γνωστός επίσης και ως *Ορθίτης* (orthite) είναι το πλέον κοινό ορυκτό των σπανίων γαιών και οικονομικά εκμεταλλεύσιμο καθώς μπορεί να αποτελείται από ποσοστό έως 20% από αυτά τα μέταλλα. Συχνά εμφανίζεται ραδιενεργός, κυρίως λόγω της παρουσίας θορίου στη σύστασή του. Στην Ελλάδα ανευρίσκεται στη νήσο Σέριφο.

Το χημικό στοιχείο *Γαδολίνιο* είναι ένα μέταλλο με ατομικό αριθμό 64. Χρησιμοποιείται ευρέως ως συστατικό σκιαγραφικών μέσων απεικόνισης στις μαγνητικές τομογραφίες.

Το χημικό στοιχείο *Όλμιο* είναι μέταλλο με ατομικό αριθμό 67 και εμφανίζει ασυνήθεις μαγνητικές ιδιότητες.

Τελευταία ερευνητές της εταιρείας IBM ισχυρίζονται ότι ανέπτυξαν μία νέα τεχνική η οποία επιτρέπει την αποθήκευση και ανάκτηση δεδομένων από ένα και μόνο άτομο Ολμίου που χρησιμοποιείται ως μαγνήτης για την αποθήκευση δεδομένων ενός bit. Συγκριτικά, οι υφιστάμενοι μαγνητικοί σκληροί δίσκοι χρειάζονται τουλάχιστον 100.000 άτομα για την αποθήκευση ενός «bit», ενώ οι καλύτερες ερευνητικές προσπάθειες μέχρι στιγμής έχουν καταφέρει την αποθήκευση δεδομένων σε αριθμό μεταξύ 3 και 12 ατόμων.

Οι επιστήμονες της IBM χρησιμοποιούν ηλεκτρονικό μικροσκόπιο για να αποδείξουν την τεχνολογία που θα μπορούσε κάποια μέρα να αποθηκεύει όλα τα 35 εκατομμύρια τραγούδια στην βιβλιοθήκη του iTunes, στην επιφάνεια μιας πιστωτικής κάρτας.

Όπως αναφέρει σε δημοσίευσμά της η ιστοσελίδα τεχνολογίας TheInquirer, οι ερευνητές χρησιμοποίησαν άτομα Ολμίου (Ho) σε μία επιφάνεια από οξείδιο του μαγνησίου. Το Όλμιο πάνω στο οξείδιο του μαγνησίου έχει μία ιδιότητα που ονομάζεται «μαγνητικά δισταθή ισορροπία», που σημαίνει ότι μπορεί να έχει δύο σταθερές μαγνητικές καταστάσεις.

«Η υψηλή μαγνητική σταθερότητα σε συνδυασμό με την ηλεκτρική ανάγνωση και εγγραφή δείχνουν ότι είναι πράγματι δυνατή η ανάπτυξη μονο-ατομικής μνήμης».

Ωστόσο, όπως δήλωσαν οι ερευνητές η νέα αυτή τεχνική βρίσκεται ακόμα σε πολύ πρώιμο στάδιο ανάπτυξης όμως η πρακτική εφαρμογή της πιθανόν γίνει διαθέσιμη σε μερικά χρόνια και αναμένουν ότι θα

αλλάζει τον τρόπο με τον οποίο αποθηκεύουμε τα δεδομένα μας, αφού θα μειωθεί σημαντικά ο όγκος των συσκευών.

Το *Θούλιο* είναι το χημικό στοιχείο με τον ατομικό αριθμό 69. Παρά την υψηλή τιμή και την σπανιότητά του, το θούλιο χρησιμοποιείται ως πηγή ακτινοβολίας σε φορητές συσκευές ακτίνων X και λέιζερ στερεάς κατάστασης. Δεν έχει σημαντικό βιολογικό ρόλο και δεν είναι ιδιαίτερα τοξικό.

Παγκόσμια ζήτηση σπάνιων γαιών

Η παγκόσμια ζήτηση σπάνιων γαιών αυξάνεται κάθε χρόνο με ρυθμό που ξεπερνάει το 10%. Μέσα σε μια δεκαετία, πέρασε από τους 40.000 τόνους στους 120.000 ετησίως. Όπως συνοψίζει η αναλύτρια Σίντι Χερστ, σε μελέτη που εκπόνησε πρόσφατα για το αμερικανικό υπουργείο Αμυνας, η αμερικανική, η ιαπωνική και η ευρωπαϊκή βιομηχανία δεν μπορούν να λειτουργήσουν χωρίς αυτές: «Δίχως τις σπάνιες γαίες, μεγάλο μέρος της σύγχρονης τεχνολογίας θα είχε εντελώς διαφορετική μορφή και πολλές εφαρμογές δεν θα ήταν καν εφικτές. Για παράδειγμα, δεν θα είχε επιτευχθεί η μείωση των διαστάσεων των κινητών τηλεφώνων και των φορητών υπολογιστών». Συνήθως, όσο περισσότερο καινοτόμο είναι ένα βιομηχανικό μοντέλο (πιο ανθεκτικό, πιο ελαφρύ, μικρότερου μεγέθους, «οικοσυμβατό»), τόσο μεγαλύτερη είναι η εξάρτησή του από τις σπάνιες γαίες. Η Ιαπωνία αποτελεί μια κλασική πλέον περίπτωση: μονάχα η συναρμολόγηση των μπαταριών των υβριδικών μοντέλων Prius της Toyota απαιτεί 10.000 τόνους σπάνιων γαιών ετησίως. Γενικότερα, η εξάπλωση της «πράσινης» βιομηχανίας θα μπορούσε να οδηγήσει στην αύξηση της ετήσιας παγκόσμιας ζήτησης στους 200.000 τόνους. Για παράδειγμα, στην τουρμπίνα μιας ανεμογεννήτριας μεγάλου μεγέθους συναντάμε αρκετές εκατοντάδες κιλών σπάνιων γαιών.

Υπάρχει όμως μια παράδοξη αντίφαση ανάμεσα στη χρήση των σπάνιων γαιών στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και στις ρυπογόνες μεθόδους παραγωγής τους.

Όμως και οι νέες «πράσινες» βιομηχανίες εξαρτώνται από αυτά: οι μπαταρίες των υβριδικών αυτοκινήτων, τα φωτοβολταϊκά, οι λαμπτήρες χαμηλής κατανάλωσης ή οι τουρμπίνες των ανεμογεννητριών στηρίζονται στα «μέταλλα που ντοπάρουν», στο νεοδύμιο, στο λουτέσιο, στο δυσπρόσιο, στο ευρώπιο και στο τέρβιο. Τα στοιχεία αυτά αποτελούν επίσης πολλά υποσχόμενους καταλύτες για τη διύλιση του πετρελαίου, ενώ η αμυντική βιομηχανία τα χρησιμοποιεί σε κρίσιμα οπλικά συστήματα, όπως οι πύραυλοι τύπου Κρουζ, τα τηλεκατευθυνόμενα πυρομαχικά, τα ραντάρ ή οι υψηλής τεχνολογίας θωρακίσεις.

Η Κινέζικη υπεροχή στις 'σπάνιες γαίες'

Βέβαια, αυτά τα υλικά – οι σπάνιες γαίες- οι δεν είναι τόσο «σπάνιες» όσο υπονοεί η ονομασία τους. Σύμφωνα με το US Geological Survey (USGS), το Πεκίνο κατέχει μονάχα το 40% έως 50% των παγκόσμιων αποθεμάτων. Υπάρχουν βεβαιωμένα αποθέματα σπάνιων γαιών σε πολλές χώρες, από τις Ηνωμένες Πολιτείες ως την Αυστραλία και από τον Καναδά ως το Καζακστάν ή το Βιετνάμ. Υπό αυτές τις συνθήκες, γιατί η εξασφάλισή τους προκαλεί τόσο μεγάλη ανησυχία, τόσο στην Ιαπωνία όσο και αλλού; Γιατί, το 2010, το 97% των 125.000 τόνων των οξειδίων σπάνιων γαιών που εξορύσσονται στον πλανήτη προέρχονται από την Κίνα. Πρόκειται για ένα σχεδόν απόλυτο μονοπώλιο. Και μάλιστα, μάλλον πρόσφατο.



Από το 1927, οπότε και ανακαλύφθηκαν τα τεράστια κοιτάσματα σπάνιων γαιών στο Bayan-Obo έως και τη δεκαετία του 1960, οι Κινέζοι είχαν ενδιαφερθεί ελάχιστα για το συγκριτικό πλεονέκτημα που διέθεταν. Εκείνη την εποχή, στην εκμετάλλευση αυτών των ορυκτών κυριαρχούσαν οι Ηνωμένες Πολιτείες. Μόλις την περίοδο της διακυβέρνησης της χώρας από τον ΝτενγκΧσιάο Πινγκ κι έπειτα από τον σχεδιασμό του «προγράμματος 863», η Κίνα στράφηκε στην ανάπτυξη μιας μακροπρόθεσμης στρατηγικής προκειμένου να κατακτήσει ηγεμονικό ρόλο σε όλα τα στάδια της επεξεργασίας των σπάνιων γαιών, από την εξόρυξή τους και τον διαχωρισμό τους ως τη μεταποίησή τους και την παραγωγή ημικατεργασμένων, ενδιάμεσων προϊόντων.

Αποφασιστική σημασία για την επίτευξη αυτού του στόχου είχε η δράση του καθηγητή Ξου ΓκουάνγκΞιάν, του «πατέρα των κινεζικών σπάνιων γαιών». Το 1987 δημιούργησε το πρώτο κινεζικό εργαστήριο, που ήταν αποκλειστικά αφιερωμένο στην εφαρμοσμένη χημεία των σπάνιων γαιών και το οποίο ενίσχυσε τις δυνατότητες του διεθνώς αναγνωρισμένου ερευνητικού Ινστιτούτου του Μπασοτού, που είχε ιδρυθεί το 1963. Την περίοδο 1978-1989, η κινεζική παραγωγή αυξανόταν κατά 40% ετησίως και ξεπέρασε την αμερικανική παραγωγή η οποία είχε αρχίσει να μειώνεται σταδιακά. Στηριζόμενοι σε δύο παράγοντες που τους επέτρεψαν να πωλούν τις σπάνιες γαίες τους σε χαμηλή τιμή επί χρόνια (στα άφθονα αποθέματά τους στην εσωτερική Μογγολία και στην ευκολία της πρόσβασης σε αυτά), οι Κινέζοι οδήγησαν σταδιακά σε ασφυξία τους υπόλοιπους παραγωγούς. Οι τελευταίοι προτίμησαν να εφαρμόσουν τον νόμο των συγκριτικών πλεονεκτημάτων και να εγκαταλείψουν τον τομέα, μέσω της «ανταγωνιστικής» αποεπένδυσης και της μεταφοράς της παραγωγικής δραστηριότητάς τους στην Κίνα.

Η εξαφάνιση των ξένων ανταγωνιστών κατά τη διάρκεια των είκοσι τελευταίων ετών εξηγείται επίσης και από τις ιδιαιτερότητες και τις δυσκολίες που παρουσιάζει ο κλάδος: οι δραστηριότητες του διαχωρισμού και της αξιοποίησης των ουσιών απαιτούν υψηλά κεφάλαια και είναι καταστροφικές για το περιβάλλον. Ειδικότερα, ο διαχωρισμός των σπάνιων γαιών προϋποθέτει τη χρήση χημικών ουσιών που ρυπαίνουν σε εξαιρετικά μεγάλο βαθμό το περιβάλλον και δημιουργεί ραδιενεργά απόβλητα. Η Κίνα υπήρξε η μοναδική χώρα που επέλεξε να αναπτύξει τη μαζική παραγωγή σπάνιων γαιών αγνοώντας τις επιπτώσεις και θυσιάζοντας την υγεία των εργαζομένων στα ορυχεία του Μπασοτού, καθώς και το φυσικό περιβάλλον των γειτονικών περιοχών. Σήμερα, πλέον, η απόρριψη των αποβλήτων της εταιρείας BaotouSteel στον Κίτρινο Ποταμό έχει μετατραπεί σε πρόβλημα γιγάντιων διαστάσεων. Στους εργαζόμενους των ορυχείων παρατηρούνται ιδιαίτερα υψηλά ποσοστά καρκίνου. Ο Κριστιάν Οκάρ, οικονομολόγος του Bureau de Recherches Géologiques et Minières (Γραφείο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών – BRGM) και έγκριτος ειδικός σε αυτά τα ζητήματα, επισημαίνει «την παράδοση αντίφαση ανάμεσα στη χρήση των σπάνιων γαιών στις ανανεώσιμες μορφές ενέργειας και στις ρυπογόνες μεθόδους παραγωγής τους».

Η υπόγεια δύναμη της Κίνας.

Βέβαια, για την Κίνα όλα αυτά δεν συνιστούν επαρκή λόγο για να εγκαταλείψει τις προσπάθειές της για την ανάπτυξη του κλάδου. Χάρη στα δεκαεπτά μέταλλα, τα οποία ο ΝτενγκΧσιάο Πινγκ είχε αποκαλέσει, ήδη από τη δεκαετία του 1970, «το πετρέλαιο της Κίνας», το Πεκίνο δημιουργεί έναν νέο συσχετισμό δυνάμεων με τους αμερικανούς, τους Ιάπωνες ή τους ευρωπαϊούς πελάτες του, οι οποίοι εξαρτώνται από πολύ σύντομους κύκλους καινοτομίας που «ντοπάρονται» από τις σπάνιες γαίες. Σιγά σιγά, όπως αποδείχθηκε και από την υπόθεση των νήσων Σενκάκου (ή Ντιαόγιου), γίνεται φανερό ότι η υπεροχή του παραγωγού πάνω στον καταναλωτή ενδείκνυται και για εκμετάλλευση σε πολιτικό επίπεδο.

Ορισμένοι εκτιμούν ότι η Κίνα θα μπορούσε να προχωρήσει σταδιακά στον επαναπροσανατολισμό της πολιτικής της στο ζήτημα των σπάνιων γαιών, για να περάσει από μια στρατηγική εξάρτησης των εταίρων της σε μια στρατηγική στραγγαλισμού τους. Σύμφωνα με αυτήν την υπόθεση, το Πεκίνο θα μπορούσε να

αρχίσει να περιορίζει σταδιακά τον όγκο των εξαγωγών του, επιδιώκοντας δύο στόχους: αφ' ενός, την άνοδο της τιμής τους ώστε να αποκομίσει σημαντικά κέρδη από το μονοπώλιο, που ουσιαστικά έχει δημιουργήσει (η τιμή ενός τόνου νεοδυμίου έφτανε τις 32.000 δολάρια τον Αύγουστο του 2010, καταγράφοντας αύξηση 60% μέσα σε έναν χρόνο)· και αφ' ετέρου, να διαθέσει τις σπάνιες γαίες της για να επιτύχει την άνοδο της ποιότητας και του επιπέδου της ντόπιας βιομηχανικής παραγωγής.

Γιατί, ενώ μέχρι να αποκτήσει το μονοπώλιο στον κλάδο παρήγε «ακατέργαστες» σπάνιες γαίες ή ημικατεργασμένα ενδιάμεσα προϊόντα, η Κίνα φιλοδοξεί στο εξής να παράγει κατεργασμένα προϊόντα υψηλότερης προστιθέμενης αξίας, με απώτερο στόχο να επιτύχει την πλήρη καθετοποίηση του κλάδου των σπάνιων γαιών. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με το σχεδόν ολοκληρωτικό πάγωμα των εξαγωγών της, θα μπορούσαν να της εξασφαλίσουν σημαντικό στρατηγικό πλεονέκτημα. Μάλιστα, σε αυτήν την περίπτωση, οι περιβαλλοντικές θυσίες στις οποίες έχει υποβληθεί η Κίνα -και τις οποίες, αντίθετα απ' ό,τι ορισμένοι πιστεύουν, η ηγεσία της χώρας διόλου υποτιμάει- θα μπορούσαν να δικαιολογηθούν σε μακροπρόθεσμο επίπεδο, όσο κι αν είναι βέβαια δύσκολο να δικαιολογηθούν με οικονομικά επιχειρήματα παρόμοιες οικολογικές καταστροφές.

Σε αντίθεση με όσα ισχυρίζονται ορισμένες εκθέσεις που δίνουν μεγάλη έμφαση στον βιομηχανικό μακιαβελισμό του Πεκίνου, οι ενέργειες αυτές δεν σχεδιάζονται σε κάθε τους λεπτομέρεια από τα υψηλόβαθμα κομματικά στελέχη της Κεντρικής Επιτροπής του ΚΚΚ. Κι αυτό, γιατί η στρατηγική της ανόδου της ποιότητας και του τεχνολογικού επιπέδου των κινεζικών προϊόντων συμπίπτει με μια έκρηξη της κινεζικής οικονομικής μεγέθυνσης και της εγχώριας κατανάλωσης, που υποχρεώνουν την Κίνα -νωρίτερα και με πολύ πιο πιεστικό τρόπο απ' όσο η ίδια θα επιθυμούσε- να προτιμήσει να τροφοδοτήσει τους ντόπιους βιομήχανους, έτσι ώστε να είναι σε θέση να ανταποκριθεί στη ζήτηση.

Συνεπώς, εξαιτίας ενός συμπλέγματος συμπληρωματικών αιτιών, τόσο εκούσιων (στρατηγική πολιτικής επιρροής, βιομηχανικές φιλοδοξίες) όσο και ακούσιων (αύξηση της εγχώριας κατανάλωσης), η Κίνα έχει όντως μειώσει τις εξαγωγές σπάνιων γαιών της κατά 40% την τελευταία επταετία και ανήγγειλε -τον Ιούλιο του 2010- ότι θα μειωθούν και πάλι κατά 70% τουλάχιστον μέσα στο δεύτερο εξάμηνο του 2010 (στους 8.000 τόνους, έναντι 28.000 τόνων την ίδια περίοδο του προηγούμενου έτους).

Ομως, ακόμα κι αν το επιθυμούσαν, θα ήταν δύσκολο για τους Κινέζους να αυξήσουν την παραγωγή τους ανάλογα με την παγκόσμια ζήτηση. Έτσι εξηγείται το μπλοκάρισμα του ανεφοδιασμού των ξένων πελατών της χώρας, γεγονός που θεωρείται παραβίαση των κανόνων του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (ΠΟΕ) και προκαλεί σε ολόκληρο τον κόσμο επίσημες διαμαρτυρίες αλλά και την εμφάνιση θεωριών συνωμοσίας.

Ομως οι ανησυχίες των Ιαπώνων, των Ευρωπαίων και των Αμερικανών βιομηχάνων στηρίζονται επίσης και σε αντικειμενικά στοιχεία. Από τον Αύγουστο του 2010, ο κινεζικός κλάδος των σπάνιων γαιών αναδιοργανώνεται με επίκεντρο ορισμένες μεγάλες κρατικές επιχειρήσεις. Η BaotouSteel, η οποία συγκεντρώνει ήδη το 75% της εθνικής παραγωγής, απέκτησε επίσης τον έλεγχο ορισμένων μικρότερων εταιρειών στη νότια Κίνα (για παράδειγμα, της XinfengXinliRareEarths).

Εκτός από την καλύτερη διαχείριση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, επιδιώκεται η εξάλειψη του παράνομου εμπορίου σπάνιων γαιών, το οποίο, σύμφωνα με ορισμένες εκτιμήσεις, ενδέχεται να φτάνει ακόμα και στο ένα τρίτο των ποσοτήτων που εξαγονται κάθε χρόνο από την Κίνα. Έτσι, θα διασφαλιστεί κι άλλο ένα παράπλευρο πλεονέκτημα: καθώς θα ολοκληρωθεί η δημιουργία ενός απόλυτου μονοπωλίου, θα εξαλειφθεί μια σημαντική ρωγμή στο κινεζικό σύστημα εξαγωγών, έτσι ώστε αυτό να ασκεί πολύ μεγαλύτερες πιέσεις στην αγορά των σπάνιων γαιών. Κάποιοι θεωρούν πάντως ότι, καθώς οι ξένοι κατασκευαστές προϊόντων υψηλής ποιότητας και τεχνολογίας δεν θα έχουν πλέον άλλη λύση, θα

αναγκαστούν να μεταφέρουν την παραγωγική δραστηριότητά τους στην Κίνα για να αποκτήσουν μόνιμη και σταθερή πρόσβαση στα συστατικά που αποτελούν την πρώτη ύλη των προϊόντων τους. Πολλοί από αυτούς έχουν ήδη προχωρήσει σε τέτοια κίνηση. Σύμφωνα δε με άλλους αναλυτές, υπάρχει κι ένα ακόμα χειρότερο ενδεχόμενο: υποστηρίζουν ότι το Πεκίνο, για να παρατείνει με κάθε θυσία το μονοπώλιό του, ενθαρρύνει τους κινέζους βιομήχανους να αποκτήσουν τον έλεγχο του κεφαλαίου των λιγοστών ξένων εταιρειών που δραστηριοποιούνται σε όλα τα στάδια του κλάδου των σπάνιων γαιών (από τα αυστραλιανά ορυχεία ως τις канаδικές μεταλλουργικές επιχειρήσεις και τις ευρωπαϊκές επιχειρήσεις μεταποίησης).

Η αφύπνιση των «βιομηχανικών χωρών» (έκφραση η οποία στις ημέρες μας έχει αποδειχθεί παρωχημένη) αποδεικνύεται ιδιαίτερα οδυνηρή υπόθεση, καθώς μπορεί να αποτελέσει μια ειρωνική παραβολή στην οποία θα ενσαρκώνεται με τον πιο παραστατικό τρόπο η απόλυτη αντίθεση ανάμεσα στη βραχυπρόθεσμη καπιταλιστική λογική και στη μακροπρόθεσμη στρατηγική.

Εφαρμογές στα όπλα.

Ετσι, στον τομέα της άμυνας, το κεφάλαιο 843 του νόμου NationalDefenseAuthorizationAct για το φορολογικό έτος 2010 προτάζει το GovernmentAccountability Office (GAO- το αντίστοιχο του Γενικού Λογιστηρίου του Κράτους) να διερευνήσει με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια τον ρόλο των σπάνιων γαιών στην αλυσίδα των προμηθειών του υπουργείου Άμυνας.



Ο κατάλογος είναι μακροσκελής: τηλεκατευθυνόμενα πυρομαχικά ακριβείας, λέιζερ, συστήματα επικοινωνιών και ραντάρ, αεροναυπηγική, συστήματα νυχτερινής σκόπευσης, δορυφόροι... Μάλιστα, διευρύνεται ολοένα και περισσότερο. Στην παραγωγική διαδικασία ή στις απαιτούμενες πρώτες ύλες της βιομηχανίας οπλικών συστημάτων περιλαμβάνονται σχεδόν πάντα οι σπάνιες γαίες. Το υπουργείο Άμυνας αποκάλυψε ότι τα τελευταία χρόνια παρατηρήθηκε έλλειψη ορισμένων εξαρτημάτων που κατασκευάζονται κυρίως από λανθάνιο, γαδολίνιο, ευρώπιο και δημήτριο, με αποτέλεσμα να προκληθούν καθυστερήσεις σε ορισμένα αμερικανικά προγράμματα παραγωγής οπλικών συστημάτων. Σε μια εμπιστευτική έκθεσή της, η αεροπορία -η οποία εμπλέκεται ιδιαίτερα στη διεξαγωγή μυστικών προγραμμάτων και προγραμμάτων για τις «τεχνολογίες ρήξης» (στις επικοινωνίες ή στα «αόρατα» από τα ραντάρ οπλικά συστήματα)- έχει εκδηλώσει ήδη από το 2003 την ανησυχία της για την εξάρτησή της στον τομέα των μαγνητών μεγάλης ισχύος που κατασκευάζονται από νεοδύμιο. Το 2009, στην έκθεση «IndustryStudy» που εκπόνησε το Βιομηχανικό Κολέγιο των Ενόπλων Δυνάμεων, καταγράφηκαν όλες οι αναφορές στις σπάνιες γαίες στους τομείς της ναυπηγικής, της αεροναυπηγικής και της παραγωγής οπλικών συστημάτων. Οσο για το Ερευνητικό Κέντρο του Στρατού Ξηράς για τους Εξοπλισμούς και το Κέντρο Θαλάσσιου Πολέμου, εκπόνησαν τις δικές τους μελέτες γύρω από την εξάρτηση και για τους τρόπους με τους οποίους μπορεί να αντιμετωπιστεί. Μάλιστα, κάποια περίοδο, το αμερικανικό ναυτικό είχε εξετάσει το ενδεχόμενο να χρηματοδοτήσει την επαναλειτουργία των εγκαταστάσεων του ορυχείου MountainPass.

Πριν από λίγες εβδομάδες αναμενόταν η ολοκλήρωση της «μεγάλης έκθεσης» που είχε παραγγείλει το Πεντάγωνο για την αναλυτική καταγραφή των εξαρτήσεων των Ηνωμένων Πολιτειών από τις σπάνιες γαίες

στον τομέα των είκοσι τεσσάρων σημαντικότερων οπλικών συστημάτων τους. Η αφύπνιση αυτή είναι καθυστερημένη. Δεν είναι πολύ δύσκολο να φανταστεί κανείς ότι στην Κίνα έχει ανατεθεί η εκπόνηση παρόμοιας «έκθεσης» για την αξιολόγηση των τρόπων που διαθέτει σήμερα η χώρα για την παρεμπόδιση του ανεφοδιασμού των Ηνωμένων Πολιτειών με τα διάφορα συστατικά που είναι αναγκαία για τις τεχνολογίες ρήξης στις οποίες στηρίζεται η αμερικανική στρατιωτική υπεροχή.

Για τα πρόσωπα που λαμβάνουν τις αποφάσεις στο Καπιτώλιο, «η επιθυμία της Κίνας να περιορίσει τις εξαγωγές της θα δημιουργήσει πρόβλημα ανταγωνιστικότητας στις Ηνωμένες Πολιτείες. Αφ' ενός, οφείλουμε να διασφαλίσουμε τον ανεφοδιασμό μας και, αφ' ετέρου, να επιτρέψουμε την ανάπτυξη ορυχείων σπάνιων γαιών στο έδαφός μας. Οι Ηνωμένες Πολιτείες δεν μπορούν πλέον να εξαρτώνται κατά 100% από τις εισαγωγές από την Κίνα». Τον Μάρτιο, ο Δημοκρατικός βουλευτής του Κολοράντο, Μάικλ Κόφμαν, παρουσίασε πρόταση νόμου με την οποία ζητούσε την επαναλειτουργία ολόκληρου του αμερικανικού κλάδου εκμετάλλευσης των σπάνιων γαιών, καθώς επίσης και τη δημιουργία στρατηγικών αποθεμάτων.

Η πρωτοβουλία μετατράπηκε σε νομοσχέδιο, το RareEarthsandCriticalMaterialsRevitalizationAct, το οποίο εξετάζεται αυτή τη στιγμή από το Κογκρέσο. Ωστόσο, παρά την πρόσφατη φρενίτιδα των αναλύσεων στις Ηνωμένες Πολιτείες γύρω από το θέμα, καθώς και τις συζητήσεις περί στρατηγικών αποθεμάτων και ανακύκλωσης των σπάνιων γαιών, η εξάρτηση θα παραμείνει ο κανόνας κατά τη διάρκεια των επόμενων ετών. Σύμφωνα δε με τις εκτιμήσεις, η ανασυγκρότηση του αμερικανικού κλάδου των σπάνιων γαιών, η οποία συνεπάγεται μεγάλες και συνεχείς επενδύσεις, θα απαιτήσει διάστημα δεκαπέντε ετών.

Οι άλλες αγορές του Κόσμου μας

Μια τεχνογνωσία και μια βιομηχανική κουλτούρα μπορούν να χαθούν μέσα σε διάστημα μερικών ετών. Αντίθετα, για να ξαναγεννηθούν απαιτούνται αρκετές δεκαετίες. Πολλές φορές, αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι έχει εξατμισθεί η εμπειρία των ανθρώπων που εργάζονται στον κλάδο. Πάντως, στην Αμερική, θα επαναλειτουργήσει τελικά το Mountain Pass, το 2011. Βέβαια, η Toyota αγοράζει σήμερα σπάνιες γαίες από το Βιετνάμ ή από αλλού, χάρη στις μακροπρόθεσμες συνεργασίες που έχει αναπτύξει, ενώ το ιαπωνικό υπουργείο Βιομηχανίας επενδύει σε ορυχεία στο Καζακστάν και στον Καναδά. Αλλά και η γαλλική Rhodia αναπτύσσει τους δεσμούς της με την Αυστραλία, η οποία εμφανίζεται ολοένα περισσότερο ως η εναλλακτική λύση απέναντι στο κινεζικό μονοπώλιο. Ωστόσο, είναι δύσκολο η κρίση να επιτρέψει σε αυτές τις χώρες ή τις εταιρείες να επιχειρήσουν μακροπρόθεσμες επενδύσεις. Εάν δεν υπάρξει έντονος στρατηγικός βολονταρισμός, αποσυνδεδεμένος από τους νόμους της αγοράς, η πραγματικότητα θα είναι διαφορετική: οι αμερικανοί, οι ευρωπαίοι και οι ιάπωνες βιομήχανοι θα εξαρτώνται ολοένα περισσότερο από αυτές τις ουσίες και, συνεπώς, από τις κινεζικές πρώτες ύλες οι οποίες μονοπωλούν το εμπόριο.

Η Ευρώπη

Στις 17 Ιουνίου του 2010, μια έκθεση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής έκρουε τον κώδωνα του κινδύνου για την - κρίσιμη για την οικονομία της- κατάσταση στο πεδίο του ανεφοδιασμού της σε δεκατέσσερις πρώτες ύλες. Οι σπάνιες γαίες εμφανίζονταν στις πρώτες θέσεις του καταλόγου. Από την πλευρά της η ΕΕ στερείται προς το παρόν της δυνατότητας παραγωγής και σχετικής μεταλλουργικής βιομηχανίας με αποτέλεσμα να εισάγει από την Κίνα το 90 % πρώτων υλών και μετάλλων σπανίων γαιών. Την ίδια στιγμή η αποθεματική και παραγωγική ενίσχυση μέσω της ανακύκλωσης είναι ελάχιστη, αφού ο βαθμός αξιοποίησής της βρίσκεται σήμερα κάτω από 1%

Παρότι οι σπάνιες γαίες βρίσκονται στο επίκεντρο της παραγωγικής οικονομίας, αλλά το κρίσιμο ζητούμενο της αξιοποίησης τους στην Ευρώπη φαίνεται να είναι αδιέξοδος, κατ' άλλους θεωρείται ακατόρθωτο και για ορισμένους ανεπιθύμητο. Την ίδια στιγμή ούτε τα κοιτασματολογικά αποθέματα δεν είναι καλά-καλά γνωστά, ούτε κάποια ενδεχόμενη εξόρυξη μεταλλεύματος προβλέπεται να ξεκινήσει, αλλά ούτε μεταλλεία σχεδιάζονται να ανοίξουν στα επόμενα 10 χρόνια. Μπορεί οι προοπτικές εντοπισμού ευρωπαϊκών αποθεμάτων σπανίων γαιών να είναι θετικές και υπαρκτές, αλλά δεν είναι το ίδιο δυναμικές οι πρωτοβουλίες και οι ενέργειες για την δυναμική και ολοκληρωμένη εκμετάλλευσή τους.



Στην Ευρώπη κάποιες από τις χώρες που έχουν επιβεβαιωθεί ελάχιστα κοιτάσματα είναι η Ελλάδα, η Νορβηγία, η Σουηδία, η Φινλανδία και η Γροιλανδία είναι οι πέντε χώρες που αναμένεται σε επόμενο στάδιο να στηρίξουν την ευρωπαϊκή βιομηχανία στον τομέα των σπανίων γαιών. Συγκεκριμένα, η Γροιλανδία, η οποία σημειωτέον είναι 16,5 φορές μεγαλύτερη από την Ελλάδα και το 81 % της έκτασής της καλύπτεται με πάγο, διαθέτει τα πλουσιότερα κοιτάσματα περιέχονται σπάνιες γαίες εκτός Κίνας. Ειδικότερα το "κοίτασμα" στο Kvanefjeld είναι ένα από τα μεγαλύτερα αλλά και αξιολογότερα κοιτάσματα σπανίων γαιών στον κόσμο. Η Ε.Ε. μέσα από την ειδική σχέση της Γροιλανδίας με την Δανία προσπαθεί να πάρει τον έλεγχο αλλά μάλλον αυτό αποτελεί ένα δύσκολο εγχείρημα. Ήδη τα δύο μεγάλα μεταλλευτικά έργα εκεί (το Kvanefjeld και το Kringslerne) ελέγχονται από αυστραλιανές εταιρίες, ενώ πρόσφατα η τοπική κυβέρνηση υπέγραψε ειδική συμφωνία με τη Κίνα, θεωρώντας ότι έτσι επιταχύνεται η αξιοποίηση του πλούτου της.

Οι τρέχουσες επενδυτικές κινήσεις στην Ευρώπη, και συγκεκριμένα αυτές της Γροιλανδίας, της Σουηδίας, της Νορβηγίας και της Φινλανδίας βρίσκονται σε ένα προηγμένο στάδιο κοιτασματολογικής εξέλιξης, αλλά παρουσιάζουν σημαντική τεχνολογική υστέρηση με αποτέλεσμα να καθυστερεί η έναρξη των παραγωγικών σταδίων εξόρυξης και μεταλλουργίας. Ένας λόγος μπορεί να είναι το γεγονός ότι οι μικρές και μικρομεσαίες канаδικές και αυστραλιανές μεταλλευτικές εταιρίες που έχουν αναλάβει τις επενδύσεις αδυνατούν να αναδείξουν και να εφαρμόσουν τις κατάλληλες τεχνολογίες μεταλλουργίας, αλλά και να διαχειριστούν τους όποιους κοινωνικούς ενδοιασμούς, με αποτέλεσμα να απομακρύνονται από την προοπτική της καθετοποιημένης παραγωγής. Δεν διαθέτουν με άλλα λόγια την οικονομική εγκυρότητα ούτε τα διαπιστευτήρια κατοχύρωσης κοινωνικής ευθύνης.

Επίλογος-- Από την Ολόκαινο στην Ανθρωπόκαινο περίοδο



Ο πλανήτης Γη έχει πλέον εισέλθει οριστικά σε μια νέα γεωλογική εποχή, η οποία θα πρέπει να περιγράφεται ως «Ανθρωπόκαινος» (Anthropocene) λόγω της διάκρισης της νέας γεωλογικής-πλανητικής εποχής, η οποία σε μεγάλο βαθμό καθορίζεται από τις δραστηριότητες του ανθρώπινου είδους, όπως εισηγήθηκαν πρώτοι, το 2000, δύο διαπρεπείς επιστήμονες, οι PaulCrutzen και EugeneStoermer.



Αφήνοντας πίσω μας μια πορεία 11.700 ετών βρισκόμαστε σε ένα κρίσιμο σημείο. Όσο ανεβαίνουμε προς τα άστρα τόσο χρειάζεται να σκάψουμε βαθιά τη Γή που μας δημιούργησε για να εξορύξουμε από τα σπλάχνα της την πρώτη ύλη, που θα μας δώσει το διαβατήριο και το καύσιμο όχι μόνο για την μετεγκατάσταση μας σε άλλους πλανήτες αλλά και για την απολύτως επιτυχημένη διαφοροποίηση μας σε μια νέα μορφή κυρίαρχης ζωής.

Πληροφορίες.

- *Τέχνηρα:* τροποποιημένη από τον άνθρωπο πρώτη ύλη για εργαλεία, κοσμήματα, μνημεία (π.χ. μεταλλεύματα για μέταλλο, άργιλος για κεραμικά, πετρώματα για λίθινα εργαλεία και κτήρια)
- *Γεω-υλικά:* πετρώματα, εδαφικά υλικά, κονιάματα, χρωστικές (πιγμέντα), κεραμικά, γυαλιά και σκωρίες
- *ΕντγκάρΜορέν, Γάλλος φιλόσοφος, συγγραφέας και κοινωνιολόγος, ελληνοεβραϊκής καταγωγής. Είναι γνωστός για τη διεπιστημονικότητα του έργου του, ενώ ιδιαίτερο είναι το ενδιαφέρον του για τις θετικές επιστήμες και την επίδρασή τους στην κοινωνία.*
- *Οξειδία* καλούνται οι ενώσεις με Οξυγόνο.

Πηγές

1. Σπυρίδων Β. Παυλίδης, Καθηγητής Γεωλογίας Α.Π.Θ.
2. www.chem.gr/ Οι σπάνιες γαίες της Κίνας προκαλούν γεωπολιτικές αναταράξεις ...
3. <https://eclass.upatras.gr> : Οι ορυκτές πρώτες ύλες.
4. <http://www.nature.com/nnano/journal>
5. ιστοσελίδα τεχνολογίας 'TheInquirer'
6. www.oryktosploutos.net/2014/.../blog-post_96.html
7. Βικιπαίδεια