



Οι Περιβαλλοντικές Αλλαγές στο Γαλάζιο Πλανήτη και ο Ρόλος του Ανθρώπου

● **Του Ιωάννη Πασχαλίδη**
*Αναπληρωτή Καθηγητή στο Τμήμα Χημείας
Πανεπιστημίου Κύπρου*

Πρόλογος

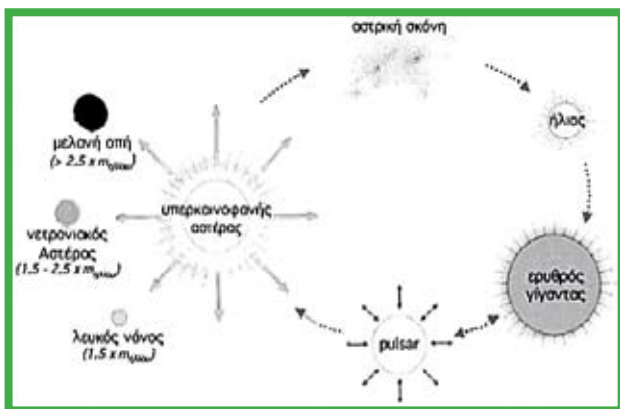
Ο σύγχρονος άνθρωπος έχοντας στη διάθεσή του όλα τα μέσα του σύγχρονου τεχνολογικού πολιτισμού εξελίχθηκε από «κορωνίδα» σε δυνάστη της δημιουργίας. Πολλές από τις δραστηριότητές του συνοδεύονται από δραματικές αλλαγές στα οικοσυστήματα στα οποία παρεμβαίνει, με συχνά καταστροφικές συνέπειες για αβιοτικά και βιοτικά συστήματα που επηρεάζονται άμεσα ή έμμεσα από αυτές. Το λιώσιμο των πολικών πάγων, η αποψίλωση τροπικών δασών και η εξαφάνιση ειδών είναι κάποια παραδείγματα που αδιαμφισβήτητα πλέον επιβεβαιώνουν την ανησυχητική περιβαλλοντική κατάσταση, που επικρατεί στο γαλάζιο πλανήτη. Η εικόνα που παρουσιάζεται κάνει ακόμη και τους πιο ψυχραιμούς να ανησυχούν και η απαίτηση για αποτελεσματικές προτάσεις επίλυσης των σοβαρών περιβαλλοντικών προβλημάτων είναι γενική. Από την άλλη πλευρά, πολλοί αρμό-

διοι και ειδικοί προσπαθούν με όλες τους τις δυνάμεις να σώσουν τον πλανήτη, έτσι π.χ. σύγχρονες πολιτικές προτάσεις δεν νοούνται χωρίς περιβαλλοντικές παραγράφους και το «πράσινο» κυριαρχεί ακόμη και σε «κομπογιαννίτικα» προϊόντα και τεχνολογίες. Όμως στην πραγματικότητα για τον πλανήτη το πρόβλημα είναι ασήμαντο και περαστικό σαν απλός «πονοκέφαλος», ο άνθρωπος και ο πολιτισμός του είναι που κινδυνεύουν σοβαρά και μη-αναστρέψιμα. Ο πλανήτης από τη δημιουργία του μέχρι σήμερα πέρασε πολλές περιβαλλοντικές καταστροφές, που οδήγησαν σε δραματικές αλλαγές στο εσωτερικό αλλά κυρίως στην επιφάνειά του (το δικό μας φυσικό περιβάλλον) σε διάστημα δισεκατομμυρίων χρόνων πριν την εμφάνιση του ανθρώπου πάνω στη γη. **Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπορεί να επιδρούν στο περιβάλλον και να οδηγούν σε καταστροφικές συνέπειες για ευαίσθητα οικοσυστήματα και είδη, όμως τελικός αποδέκτης είναι ο άνθρωπος, που είναι ένας από τους σημαντικούς αλλά και πιο ευαίσθητους κρίκους της οικολογικής αλυσί-**

δας. Οι συνέπειες μιας υδρογειακής, οικολογικής καταστροφής θα είναι σύμφωνα με τα σχετικά σενάρια μοιραίες και συσχετίζονται με την συντέλεια του κόσμου. Στο παρόν όμως άρθρο δεν περιγράφονται τέτοια καταστροφικά σενάρια, αλλά γίνεται μία σύντομη αναφορά στη δημιουργία και εξέλιξη του πλανήτη γη, για να τονισθεί ότι μπορεί μεν ο άνθρωπος να είναι το κυρίαρχο είδος, αλλά πολλές βασικές διεργασίες, που διέπουν την εξέλιξη και τη ζωή πάνω του, δεν μπορούν να ελεγχθούν από τον άνθρωπο. Στα πλαίσια αυτά δίνονται σε γενικές γραμμές κάποιες πληροφορίες για την αστρογένεση και νουκλεογένεση, το σχηματισμό του φυσικού περιβάλλοντος όπως υπάρχει και την εξέλιξη της ζωής πάνω στον πλανήτη όπως (γενικά) την αντιλαμβανόμαστε σήμερα.

Αστρογένεση και Νουκλεογένεση

Η δημιουργία του πλανητικού μας συστήματος και μαζί της γης εκτιμάται ότι ξεκίνησε πριν από περίπου 6,5 δισεκατομύρια χρόνια με συμπύκνωση της σκόνης που παράχθηκε από την έκρηξη υπερκαινοφανούς αστέρος (supernova), η οποία οδήγησε και στο σχηματισμό πολλών στοιχείων που υπάρχουν στη γη. Στο Σχήμα 1 δίνεται παραστατικά ο κύκλος ζωής ενός αστέρα, από τη γένεση έως το θάνατό του. Ας σημειωθεί ότι η αστρογένεση και ο κύκλος ζωής των αστέρων είναι άμεσα συνυφασμένος με τη νουκλεογένεση και συνεπώς με το σχηματισμό των στοιχείων από τα οποία συνίσταται ο άψυχος και έμβιος κόσμος.



Σχήμα 1. Ο κύκλος ζωής ενός αστέρα, από τη γένεση έως το θάνατό του

Το σύνολο των στοιχείων που υπάρχουν στη γη συνοψίζεται στον περιοδικό πίνακα των στοιχείων, όπως π.χ. δίνεται στο Σχήμα 2. Από όλα τα γνωστά στοιχεία (115) μόνο τα 90 απαντώνται στη φύση, ενώ τα υπόλοιπα έχουν παραχθεί τεχνητά

σε πυρηνικούς αντιδραστήρες ή επιταχυντές και έχουν μελετηθεί από τους επιστήμονες σε εξειδικευμένα εργαστήρια. Από τα πιο άφθονα στοιχεία στον πλανήτη και κυρίως στο σύμπαν είναι το υδρογόνο (H₂). Το υδρογόνο είναι το ελαφρύτερο στοιχείο και απαντάται πάνω στη γη κατεχοχίν συνδεδεμένο με το οξυγόνο στη μορφή του νερού (H₂O). Το νερό έχει παίξει και συνεχίζει να παίζει καθοριστικό ρόλο στην εξέλιξη του πλανήτη και σε όλες τις διεργασίες που σχετίζονται με τον άψυχο και έμβιο κόσμο. Όμως τα δύο στοιχεία που αποτελούν τη ραχοκοκαλιά του άψυχου και έμβιου κόσμου είναι το πυρήτιο (Si) και ο άνθρακας (C), και συγκεκριμένα οι ενώσεις τους με οξυγόνο (SiO₂) και οξυγόνο και υδρογόνο (CH₂O), αντίστοιχα.

Σχήμα 2. Ο περιοδικός πίνακας των στοιχείων

Η πληθώρα και ποικιλομορφία των ενώσεων του πυρηντίου και του άνθρακα μαζί με τη συνεισφορά άλλων συστατικών στοιχείων (Ca, Na, Fe, P, S, κ.α.) και ιχνοστοιχείων (Zn, Se κ.ά.) αποτέλεσαν τα κύρια συστατικά/υλικά για την ανοικοδόμηση του φυσικού μας περιβάλλοντος και της ζωής πάνω στον πλανήτη. Στο Σχήμα 3 δίνονται παραστατικά οι διεργασίες που οδήγησαν στη μορφολογία στη γη όπως τη γνωρίζουμε σήμερα και όπως αυτή επιτρέπει την ανάπτυξη και εξέλιξη της ζωής πάνω της.

Εξέλιξη φυσικού περιβάλλοντος

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 3 οι δύο βασικές κινητήριες δυνάμεις όλων των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα πάνω στη γη είναι η ενδογενής γεωθερμική ενέργεια και η εξωγενής ηλιακή ενέργεια. Η πρώτη πηγάζει από την αρχέγονη ενέργεια που βρίσκεται εγκλωβισμένη στα έγκατα της γης και ανατροφοδοτείται συνεχώς με την ενέργεια που ελευθερώνεται από τη διάσπαση ραδιενεργών πυρήνων που βρίσκονται στη γεώσφαιρα. Η δεύ-

τερη πηγάζει από τον ήλιο και πιά συγκεκριμένα από τις πυρηνικές αντιδράσεις σύντηξης που λαμβάνουν χώρα σε αυτόν.

Οι δυνάμεις αυτές καθιστούν τη γη ένα δυναμικό σύστημα, στο οποίο λαμβάνουν αδιάκοπα γεωλογικές διεργασίες όπως α) οι ηφαιστειακές εκρήξεις, η ορογένεση κ.ά. που διέπονται από την ενδογενή γεωθερμική ενέργεια και β) η οξειδοαναγωγή ανόργανης και οργανικής ύλης, η διάβρωση, η ιζηματοποίηση κ.ά. που διέπονται από την εξωγενή ηλιακή ενέργεια. Οι αλλαγές που σχετίζονται με αυτές τις γεωλογικές διεργασίες μπορεί να είναι έντονα εμφανείς, όπως π.χ. οι σεισμοί και τα tsunami, αλλά και λανθάνουσες, όπως η αποσάθρωση και διάβρωση πετρωμάτων, που οδηγούν σε σταδιακή αλλοίωση της ανώτερης γεώσφαιρας και αποτελούν συνάμα βασική διεργασία του εξωγενούς κύκλου και το πρώτο στάδιο για ανατροφοδότηση του ενδογενούς κύκλου με αποσαθρωμένη ύλη.



Σχήμα 3. Βασικές διεργασίες του εξωγενούς και ενδογενούς γεωλογικού κύκλου

Ανθρώπινες δραστηριότητες οι οποίες παρεμβαίνουν στους εν λόγω γεωλογικούς κύκλους είναι κυρίως η κτηνοτροφία και γεωργία που σχετίζεται με εκτεταμένη αποψίλωση των δασών και συνεπώς αυξημένους ρυθμούς εδαφικής αποσάθρωσης/ διάβρωσης. Επίσης η εκτεταμένη εξόρυξη μεταλλευμάτων οδηγεί σε τεχνητή αποσάθρωση ορυκτών και άμεση έκθεσή τους σε ατμοσφαιρικές συνθήκες που έχουν σαν αποτέλεσμα την ταχεία και διεξοδική αλληλεπίδρασή τους με τα δραστικά συστατικά της ατμόσφαιρας, όπως π.χ. οξυγόνο (O_2), διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και νερό (H_2O). Οι αλληλεπιδράσεις αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα την αυξημένη έκπλυση τοξικών ρύπων από τους χώρους εξόρυξης και διασπορά τους στο εγγύς-περιβάλλον (π.χ. όξινες απορροές). Ας σημειωθεί, ότι η ανθρώπινη παρέμβαση στους γεωλογικούς κύκλους είναι σε γεωλογική κλίμακα ασήμαντη

και παροδική για το ίδιο το γεωλογικό σύστημα. Όμως οι επιπτώσεις είναι κρίσιμες για τους ζωντανούς οργανισμούς και ειδικότερα γι'αυτούς που δεν μπορούν να προσαρμοσθούν άμεσα στις νέες συνθήκες που προέκυψαν από τη διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας (λόγω ανθρώπινης παρέμβασης) και είναι καταδικασμένες στη καταστροφή. Στο Σχήμα 4 δίνεται μια εικόνα καταστροφής από έκπλυση τοξικών ρύπων και διασπορά τους στο εγγύς-περιβάλλον του εικονιζόμενου οικοσυστήματος.



Σχήμα 4. Οικοσύστημα μετά από έκθεσή του σε τοξικούς ρύπους

Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να τονισθεί ότι η αγωνία μας για προστασία του περιβάλλοντος μπορεί φαινομενικά να σχετίζεται με την καταστροφή της γεωμορφολογίας και γενικότερα του οικοσυστήματος, όμως στην πραγματικότητα έχει άμεση σχέση με το ίδιο ανθρώπινο είδος, τη διαβίωση, το βιοτικό επίπεδο και τον πολιτισμό του. **Ο άνθρωπος αποτελεί οργανικά έναν από τους πύ αδύναμους κρίκους του οικοσυστήματος.** Η ανάπτυξή του σε σχέση με τους άλλους οργανισμούς δεν οφείλεται στη φυσιολογία του αλλά στη νοητική του ανωτερότητα, στην ικανότητά του να διακρίνει, να είναι ευέλικτος και να διαφεύγει μόλις αντιληφθεί τον κίνδυνο σε ασφαλείς χώρους. Όταν όμως δεν θα υπάρχει πλέον χώρος διαφυγής θα υποβαθμίζεται το βιοτικό του επίπεδο, θα καταρρέει η ικανότητά του να παράγει και να συντηρεί πολιτισμό και θα κινδυνεύει με αφανισμό του είδους του. Η εντύπωση και τα σενάρια ότι ο άνθρωπος με τη συμπεριφορά του μπορεί να καταστρέψει όχι μόνο τη ζωή πάνω στον πλανήτη αλλά και την ίδια τη γη καταρρίπτονται εάν αναλογισθεί κάποιος τις δραματικές αλλαγές που υπέστει η γη και ειδικότερα η βιόσφαιρα από την εποχή των πρώτων σημείων ζωής πάνω σε αυτό τον πλανήτη. Μετά από κάποια

υδρογειακή οικολογική καταστροφή το γήινο σύστημα θα βρεί σίγουρα την ισορροπία του, όμως για τον άνθρωπο τα πράγματα δεν είναι τόσο προφανή.

Η εξέλιξη της ζωής και ο άνθρωπος

Η αρχή της ζωής στον πλανήτη μας χάνεται στη δίνη του χρόνου (βλ. Σχήμα 5). Εκτιμάται ότι η ζωή ξεκίνησε στην πλέον πρωτόγονή της μορφή πριν από περίπου 3,5 δισεκατομύρια χρόνια. Στην αρχή η ατμόσφαιρα ήταν ανοξική και οι πρωτόγονοι οργανισμοί που ζούσαν μέσα σε αυτή διαβίωσαν για περίπου 1,5 δισεκατομύρια χρόνια έως ότου εξαφανίστηκαν στην οξική πλέον ατμόσφαιρα που σχηματίστηκε λόγω του οξυγόνου που (κυρίως) παρήγαγαν σαν απόβλητο οι ίδιοι οι ανοξικοί οργανισμοί. Παρόμοιοι ανοξικοί οργανισμοί απαντώνται σήμερα στα βάθη των ωκεανών, κάτω από την απόλυτη απουσία στοιχειακού οξυγόνου.

Σχήμα 5. Η εξέλιξη της ζωής στη δίνη του χρόνου

Όταν βλέπει κάποιος τα σκουπίδια που παράγονται σήμερα η πρώτη σκέψη που κάνει είναι ότι η ιστορία μπορεί να επαναληφθεί και να χαθεί παρόμοια και το ανθρώπινο είδος από και μέσα στα απόβλητα του Όσο και φανταστικό να φαίνεται αυτό το σενάριο θα είναι πολύ πιθανό όταν αρχίσει και το μεγαλύτερο ποσοστό του πλυθυσμού της γης που είναι συνωστισμένο κυρίως στην Άπω Ανατολή να συμπεριφέρεται όπως ο δυτικός άνθρωπος.

Από την αποκατάσταση της οξικής ατμόσφαιρας πέρασαν σχεδόν δύο δισεκατομύρια χρόνια, μέχρι την εμφάνιση του ανθρώπινου είδους πάνω στη γη, που μέχρι σήμερα (τουλάχιστον) αποτελεί την κορωνίδα της δημιουργίας. Μέσα σε αυτό το διάστημα και πολύ πριν την εμφάνιση του ανθρώπου έλαβαν χώρα δραματικές γεωμορφολογικές αλλαγές (όπως η ανάπλαση ωκεανών και ηπείρων) και ακραίες καιρικές συνθήκες (π.χ. περίοδοι παγετώνων). Πολλοί οργανισμοί εξελίχθηκαν και άλλοι εξαφανίστηκαν (π.χ. δεινόσαυροι) και μόνο τα απολιθώματά τους τεκμηριώνουν την ύπαρξή τους. Δεν είναι μόνο τα ζώα αλλά και τεράστιες δασικές

εκτάσεις σε διαφορα μήκη και πλάτη της γης που έχουν καταποντισθεί και καλύφθηκαν απο μάζες εδάφους και νερού εκατομμύρια χρόνια πριν, όπως γίνεται προφανές από την ανακάλυψη κοιτασμάτων ορυκτών καυσίμων σε ερήμους, αλλά ακόμη και στους πόλους.

Επίλογος

Ο άνθρωπος και συγκεκριμένα οι δραστηριότητές του αποτελούν ένα μικρό μέρος των φυσικών διεργασιών που λαμβάνουν ασταμάτητα χώρα μέσα στο φυσικό περιβάλλον. Οι ανθρώπινες δραστηριότητες μπροστά στις φυσικές διεργασίες μοιάζουν σαν ένα μικρό γρανάζι μιας γιγαντιαίας μηχανής. Αυτές οι φυσικές διεργασίες έχουν οδηγήσει στη αποκατάσταση των ισορροπιών μεταξύ των διαφόρων περιβαλλοντικών σφαιρών και των οικοσυστημάτων. Απο τη δημιουργία της γης μέχρι σήμερα διάφορα φυσικά φαινόμενα έχουν οδηγήσει μακροπρόθεσμα σε δραματικές αλλαγές πάνω στην επιφάνεια της γης, σε αποκατάσταση νέων ισορροπιών μεταξύ των περιβαλλοντικών σφαιρών και διαμόρφωση νέων οικοσυστημάτων. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι ισορροπίες αυτές μπορεί να διαταραχθούν βραχυπρόθεσμα και από ανθρωπογενείς παραγόντες με (πιθανές) καταστροφικές συνέπειες για ορισμένα ευαίσθητα οικοσυστήματα και τον άνθρωπο.

Προφανώς, ακόμη και ο σύγχρονος άνθρωπος δεν μπορεί να παρέμβει καθοριστικά στις διαχρονικές φυσικές διεργασίες που καθορίζουν την τύχη του πλανήτη. Επειδή όμως με την αλόγιστη συμπεριφορά του μπορεί να επηρεάσει (βραχυπρόθεσμα) ζωτικές ισορροπίες ευαίσθητων οικοσυστημάτων (όπως π.χ. τη βιόσφαιρά του) θα πρέπει να μάθει να σκέφτεται και να συμπεριφέρεται περιβαλλοντικά συνετά. Έχει ηθική υποχρέωση απέναντι στις επερχόμενες γενεές και αυτή συνίσταται αφενός μεν στην εξοικονόμηση των φυσικών πόρων, για να υπάρχουν και για τις μέλλουσες γενεές οι βασικές για τη διαβίωση τους πρώτες ύλες, και αφετέρου στην προστασία του περιβάλλοντος, για να μπορούν και οι επόμενοι να αναπτυχθούν (να πολλαπλασιασθούν και να παράγουν πολιτισμό) σε ένα χώρο που θα τους προστατεύει μάλλον παρά θα απειλεί τους. ■