

Γενικά Θέματα

1.1 Το Αντικείμενο της Ωκεανογραφίας

Η Ωκεανογραφία έχει στόχο τη μελέτη των ωκεανών του πλανήτη Γη. Με θεωρητικό υπόβαθρο προερχόμενο από τις επιστήμες της φυσικής, της χημείας, της βιολογίας και της γεωλογίας και με χρήση των επιτευγμάτων της τεχνολογίας προσπαθεί να κατανοήσει τα θαλάσσια οικοσυστήματα, να μελετήσει σε βάθος τους βιογεωχημικούς μηχανισμούς, να αποκρυπτογραφήσει τα βαθιά κρυμμένα μυστικά των ωκεανών, να ικανοποιήσει την επιστημονική περιέργεια που πηγάζει από την πρόκληση του άγνωστου, να καλύψει σε μεγαλύτερο βαθμό τις αυξανόμενες ανθρώπινες διατροφικές ανάγκες, να προβλέψει τις θαλάσσιες συνθήκες, να προστατεύσει και να διαχειριστεί ολοκληρωμένα και κάτω από την ομπρέλα της βιωσιμότητας τους ωκεανούς. Η Ωκεανογραφία δεν περιγράφει απλώς τα θαλάσσια φαινόμενα, αλλά ερευνά επιστημονικά, σε βάθος και από κάθε οπτική γωνιά, τα παράκτια και βαθιά θαλάσσια συστήματα, τους ωκεανούς της Γης. Από την άποψη αυτή ίσως θα ήταν περισσότερο δόκιμο να χρησιμοποιείται ο όρος Ωκεανολογία (Ωκεανός + Λόγος = η μελέτη των ωκεανών) αντί του όρου Ωκεανογραφία (Ωκεανός + Γραφή = η περιγραφή των ωκεανών).

Το ανθρώπινο ενδιαφέρον για τους ωκεανούς έχει σίγουρα σχέση με το γεγονός ότι οι θάλασσες καλύπτουν το 71% της επιφάνειας του πλανήτη μας και το 90% του όγκου του. Η ζωή στη Γη εμφανίστηκε πριν από 3,6 δισεκατομμύρια χρόνια στην αρχέγονη θάλασσα, επειδή οι θαλάσσιες συνθήκες είναι ευνοϊκότερες για τη δημιουργία ζωής. Στη συνέχεια, οι εξελικτικοί μηχανισμοί της φύσης έδωσαν τις διάφορες βιολογικές ποικιλίες. Συνεπώς, στις ημέρες μας, πολλές διαφορετικές μορφές ζωής απαντώνται στους ωκεανούς.

Στην προσπάθεια πλήρους κατανόησης της τρέχουσας κατάστασης του Πλανήτη, καλύτερης πρόβλεψης των μελλοντικών περιβαλλοντικών σεναρίων και αποτελεσματικότερης και ορθολογικότερης διαχείρισης της Γης, είναι απαραίτητο να ανατρέξουμε στην ιστορία του πλανήτη μας. Είναι λοιπόν σημαντικό να τονισθεί ότι και στην προσπάθεια αυτή αρωγός θα σταθεί η μελέτη των ωκεανών, μια που η μεν γεωλογική ιστορία του πλανήτη έχει καταγραφεί στα στρώματα θαλάσσιων ιζημάτων η δε βιολογική ιστορία του στα θαλάσσια απολιθώματα.

Η ωκεανογραφία ασχολείται με τη μελέτη των ωκεανών στο σύνολό τους καθώς επίσης και των άμεσων ορίων τους. Μελετά λοιπόν τόσο τις παράκτιες ρηχές περιοχές όσο και την ανοιχτή βαθιά θάλασσα και τους ωκεανούς, όπως ακόμη τη μεσεπιφάνεια θάλασσας ατμόσφαιρας (όριο ανάμεσα σε δύο φάσεις, υγρή-αέρια), τους βυθούς (όριο ανάμεσα σε δύο φάσεις, υγρή-στερεή) και τα παράλια (όριο ανάμεσα σε 3 φάσεις, υγρή-στερεή-αέρια).

Η γοητεία που ασκεί διαχρονικά η θάλασσα στον άνθρωπο, η πολυσχιδής εικόνα της –άλλοτε ήρεμη, φιλική, γαλήνια και άλλοτε τρικυμισμένη, εχθρική, ανταριασμένη– λειτούργησαν με μια διαρκή έλξη όχι μόνο για να αποτυπωθεί η πολυπρόσωπη εικόνα της στο χαρτί ή το πανί αλλά και για να μελετηθούν οι μηχανισμοί της, να απαντηθούν ποικίλα ερωτήματα. Η ανάγκη για γνώση ήταν η κινητήρια δύναμη που οδήγησε τον άνθρωπο στη θάλασσα, σε συνδυασμό με την έλξη για περιπέτεια και την πρόκληση της ίδιας της θάλασσας. Στην προσπάθεια αυτή, οι πρώτοι εραστές της θάλασσας οδηγήθηκαν στους τροπικούς, τους πόλους της Γης, τα κοραλλιογενή νησιά μέσα από θύελλες, καταιγίδες, σε μια συνεχή προσπάθεια προσφέροντας πολλές φορές ακόμη και τη ζωή τους. Σαφώς, οι συνιστώσες αυτές εξακολουθούν να εμπνέουν και τους σύγχρονους ωκεανογράφους σε συνδυασμό όμως με πολλές νέες ανάγκες, διαφορετικούς προβληματισμούς και τρέχοντα

ερωτήματα που αναζητούν απαντήσεις. Σε ποιο βαθμό οι επιπτώσεις των ανθρώπινων δραστηριοτήτων έχουν επιβαρύνει το θαλάσσιο οικοσύστημα; Ποιο είναι το καθεστώς που επικρατεί στις βαθιές ωκεάνιες τάφρους; Μπορούμε να ελέγξουμε και να προβλέψουμε τις καιρικές καταστάσεις; Πώς θα επιτύχουμε την πρόγνωση ακραίων θαλάσσιων φαινομένων; Πώς θα εκμεταλλευτούμε σε μεγαλύτερο βαθμό τα θαλάσσια αποθέματα; Θα ζήσει ο άνθρωπος στη θάλασσα; Θα μπορέσει να εργασθεί στο θαλάσσιο πυθμένα; Πώς θα καλύψουμε τις ανθρώπινες πιεστικές ανάγκες εξεύρεσης τροφής; Πώς;...Πώς;...Πώς;... Οι σύγχρονοι ωκεανογράφοι με την πολύτιμη βοήθεια των τεχνολογικών επιτευγμάτων και με κατάλληλα εξοπλισμένα ωκεανογραφικά εργαστήρια καλούνται να απαντήσουν στα ερωτήματα, να ρίξουν διάπλατο φως στον καλά κρυμμένο θαλάσσιο κόσμο.

Στη θάλασσα υπάρχει αφθονία και ποικιλία ζωής που επί σειρά αιώνων αποτελεί σημαντική πηγή τροφής για τον άνθρωπο. Διάφορα άλλα βιολογικά προϊόντα της θάλασσας βρίσκουν ποικίλες χρήσεις, όπως τα εμπορεύσιμα μαργαριτάρια και τα χρησιμοποιούμενα ως υλικά οικοδομών κελύφη νεκρών οργανισμών. Ο θαλάσσιος βιολογικός πλούτος παρέχει πρώτες ύλες για παρασκευή καλλυντικών προϊόντων. Η μικροβιακή βιοποικιλότητα θαλάσσιων ιζημάτων υπόσχεται βιοδραστικές ουσίες με αντιϊικές και αντιογκογόνες κλινικές εφαρμογές, ενώ προσφέρει χημικές ουσίες με φαρμακευτική δράση. Το θαλάσσιο νερό είναι ένα πολύπλοκο χημικό διάλυμα αποτελούμενο από μεγάλη ποικιλία μεγαλοστοιχείων και ιχνοστοιχείων, πολλά από τα οποία έχουν εμπορεύσιμη αξία, όπως το ιώδιο, το βρώμιο, το κάλιο, το μαγνήσιο, το μαγγάνιο κ.λπ. Ο ωκεάνιος πυθμένας φιλοξενεί φωσφορίτες και σιδηρομαγνησιούχους κονδύλους, συχνά εμπλουτισμένους σε κοβάλτιο και νικέλιο. Ακόμη, η άμμος, το χαλίκι η πλούσια σε βαριά μέταλλα ιλύς είναι εμπορεύσιμα αγαθά. Οι συγκεντρώσεις πετρελαίου και φυσικού αερίου κάτω από την επιφάνεια του θαλάσσιου πυθμένα καλύπτουν σημαντικό ποσοστό των ανθρώπινων αναγκών σε παγκόσμιο επίπεδο. Πολλές άνδρες περιοχές του πλανήτη έχουν πρόσβαση σε σημαντικές ποσότητες γλυκού νερού με τη διαδικασία της αφαλάτωσης. Η μεγαλύτερη ποσότητα ηλιακής ενέργειας που δέχεται η Γη αποθηκεύεται στη θάλασσα. Στη συνέχεια, η απελευθέρωση της ενέργειας αυτής βοηθά στην κυκλοφορία του ατμοσφαιρικού αέρα επιδρώντας στις κλιματικές και καιρικές συνθήκες της παρακείμενης ξηράς. Η θάλασσα είναι απαραίτητη για το εμπόριο, μια που το μεγαλύτερο μέρος του από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα πραγματοποιεί-

ται με τους θαλάσσιους δρόμους. Οι απαιτήσεις της τηλεπικοινωνίας συχνά βρίσκουν διέξοδο στον θαλάσσιο χώρο με την τοποθέτηση υποθαλάσσιων καλωδιακών συστημάτων οπτικών ινών. Η θάλασσα αποτελεί σημαντικό χώρο αναψυχής και κάθε χρόνο πληθώρα ανθρώπων προσελκύονται από τα θαλάσσια σπορ – κολύμπι, ψάρεμα, καταδύσεις, ιστιοπλοΐα, θαλάσσιο σκι. Ένα από τα σημαντικότερα σύγχρονα προβλήματα που καλείται επιτακτικά να αντιμετωπίσει ο άνθρωπος, αυτό της ρύπανσης, ανάμεσα στις άλλες σημαντικές επιπτώσεις περιλαμβάνει και την υπονόμευση της σχέσης της θάλασσας με την αναψυχή. Τέλος, οι θάλασσες διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εθνική άμυνα. Κατά το μεγαλύτερο μέρος της ανθρώπινης ιστορίας, οι θάλασσες αποτέλεσαν πεδία μάχης και κατά καιρούς τμήμα της ωκεανογραφικής έρευνας σχετίζεται είτε άμεσα είτε έμμεσα με την εθνική άμυνα.

1.2 Οι Κλάδοι της Ωκεανογραφίας

Στο πέρασμα των αιώνων συσσωρεύθηκε τεράστια επιστημονική γνώση οδηγώντας στη σύγχρονη τάση της εξειδίκευσης, η οποία στις ημέρες μας έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις διαμορφώνοντας πολύ έντονη αντίθεση μεταξύ της επικαιρότητας και της αρχαιότητας. Η επιστημονική εξέλιξη καλείται με ακριβείς, αυστηρά ορθολογικές, διεξοδικά λεπτομερείς, αναλυτικές και συνθετικές διαδικασίες, μεθοδολογίες και προσεγγίσεις, με σαφήνεια και διαφάνεια να χειριστεί και να επιλύσει τρέχοντα προβλήματα στην υπηρεσία των ανθρώπινων αναγκών. Τα προβλήματα είναι πολύπλοκα και απαιτούν ολοκληρωμένη αντιμετώπιση, δηλαδή ολιστική προσέγγιση. Αυτού του είδους η θεώρηση αποτελεί την τρέχουσα επιστημονική τάση.

Η Ωκεανογραφία μελετά τις θάλασσες και τους ωκεανούς του πλανήτη. Τα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι πολύπλοκα και η μελέτη τους χρειάζεται συνδυασμό θεωρίας, γνώσης, εμπειρίας διαφορετικών επιστημών με κοινό ενδιαφέρον τους τους ωκεανούς της Γης και τα άμεσα όριά τους. Οι περισσότεροι ωκεανογράφοι χωρίζουν την ωκεανογραφία σε τέσσερις κλάδους: (α) Φυσική Ωκεανογραφία, (β) Χημική Ωκεανογραφία, (γ) Βιολογική Ωκεανογραφία και (δ) Γεωλογική Ωκεανογραφία και Θαλάσσια Γεωφυσική. Οι κλάδοι αυτοί είναι η συνεισφορά των επιστημών της Φυσικής, της Χημείας, της Βιολογίας, της Γεωλογίας και της Γεωφυσικής –αντίστοιχα– στη μελέτη

και την κατανόηση της θάλασσας. Η Φυσική Ωκεανογραφία μελετά τα κύματα, τις παλίρροιες και τα ρεύματα της θάλασσας, τη μετάδοση του ήχου και του φωτός στη θάλασσα, την αλληλεπίδραση ατμόσφαιρας και ωκεανού. Η Χημική Ωκεανογραφία μελετά τη χημική σύσταση και τις χημικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού, την απομόνωση χημικών ουσιών από τους ωκεανούς και την περιεκτικότητα, τη συμπεριφορά και τις επιπτώσεις των ρύπων στο ωκεάνιο σύστημα. Η Βιολογική Ωκεανογραφία μελετά κάθε μορφή θαλάσσιας ζωής –φυτικής και ζωικής– τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους, τις προσαρμογές τους στο θαλάσσιο περιβάλλον, τις επιπτώσεις του ρυπαντικού φορτίου στον βιολογικό πλούτο ενώ εξετάζει την ανάπτυξη μεθόδων βιώσιμων μορφών αλιείας. Η Γεωλογική Ωκεανογραφία και η Θαλάσσια Γεωφυσική μελετούν τη δομή του θαλάσσιου πυθμένα, την προέλευση, τη σύσταση και τις ιδιότητες των ιζημάτων, τη δημιουργία του ωκεάνιου πυθμένα και τις διαχρονικές αλλαγές που έχει υποστεί. Τελευταία αναπτύχθηκε και ο κλάδος της Επιχειρησιακής Ωκεανογραφίας που δραστηριοποιείται στη συνεχή καταγραφή και πρόγνωση των συνθηκών που επικρατούν στη θάλασσα. Τέλος, στις παρυφές της Ωκεανογραφίας συναντώνται οι κλάδοι της Μηχανικής Ωκεανογραφίας και της Θαλάσσιας Πολιτικής. Τα τελευταία χρόνια, στα αντικείμενα της ωκεανογραφικής μελέτης και έρευνας περιλαμβάνονται και θέματα που άπτονται της θαλάσσιας αρχαιολογίας.

1.3 Ιστορική Ανασκόπηση της Ωκεανογραφίας

Οι κυριότεροι σταθμοί στην ιστορία της ωκεανογραφίας περιγράφονται στη συνέχεια (Buchanan et al., 1895· Communications, 1966· Corfield, 2005· Darwin, 1845· Royal Society of Edinburgh, 1972· Schlee, 1973).

Περίπου το 7250 π.Χ. χρονολογείται το νεότερο καταγεγραμμένο θαλάσσιο ταξίδι για εμπορικές σκοπιμότητες μεταξύ της ενδοχώρας της Ελλάδας και του Αιγαιοπελαγίτικου νησιού της Μήλου.

Τους αρχαίους χρόνους, οι πολιτισμοί της Αιγύπτου και της Μεσοποταμίας χρησιμοποίησαν θαλάσσιους δρόμους για τις απαιτήσεις του εμπορίου (~3200 π.Χ.). Οι Αιγύπτιοι ανέπτυξαν ιστιοφόρα και λέμβους με κουπιά για τους πλόες τους στον ποταμό Νείλο, την παράκτια περιοχή της Ανατολικής Μεσογείου, την Ερυθρά Θάλασσα και την Αραβική Θάλασσα. Αντίστοιχα, πλωτά μέσα αναπτύχθηκαν στη Μεσοποταμία για ναυσιπλοία

στους ποταμούς Τίγρη και Ευφράτη, στον Περσικό Κόλπο και την Αραβική Θάλασσα.

Την πρώτη πραγματική ναυτική δύναμη αποτέλεσαν οι Μινώες (την περίοδο από ~2000 π.Χ. μέχρι 1200 π.Χ.) με έδρα τους την Κρήτη.

Το διάστημα από ~1200 π.Χ. μέχρι το 400 π.Χ., στη Μεσόγειο εμφανίστηκε η δράση Φοινίκων και Ελλήνων. Οι Φοίνικες διακρίθηκαν για τα μεγάλα τους ταξίδια στη Μεσόγειο Θάλασσα και τον ανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό. Η σχετική τους κατανόηση για θέματα σχετικά με την απρόβλεπτη φύση του ωκεανού που πολλές φορές μπορεί να οδηγήσει σε ανυπολόγιστες καταστροφές ήταν περιορισμένη. Στις εξερευνησεις τους περιορίστηκαν στην ακτογραμμή και τον παράκτιο χώρο. Έλληνες και Αιγύπτιοι ήταν οι πρώτοι που ίδρυσαν ναυτικές αποικίες προκειμένου να ικανοποιήσουν την επεκτατική τους τάση και τις ανάγκες του εμπορίου.

Το 900 π.Χ., οι Έλληνες ήταν οι πρώτοι που χρησιμοποίησαν τον όρο *ωκεανός*, ρίζα του *ocean*.

Ο Θαλής ο Μιλήσιος (~600 π.Χ.) διατύπωσε την προέλευση της επιστήμης με ορισμό ανάλογο του σύγχρονου.

Ο Αριστοτέλης (384-322 π.Χ.) ταξινόμησε τους θαλάσσιους οργανισμούς.

Ο Μέγας Αλέξανδρος το 332 π.Χ. με τη βοήθεια μιας αδιάβροχης κατασκευής πραγματοποίησε την πρώτη κατάδυση.

Ο Πυθέας (325 π.Χ.) έπλευσε από την Ελλάδα στην Ισλανδία και μελέτησε το γεωγραφικό πλάτος χρησιμοποιώντας το Βόρειο Σέλας. Επίσης, διατύπωσε και ανέπτυξε τη θεωρία της προέλευσης της παλίρροιας από την επίδραση της Σελήνης.

Κατά τον 3ο π.Χ. αιώνα (275 π.Χ.), κατασκευάστηκε ένας φάρος προκειμένου να καθοδηγεί τα πλοία με ασφάλεια στο λιμάνι της Αλεξάνδρειας. Πρόκειται για το Φάρο της Αλεξάνδρειας, ένα από τα 7 θαύματα του κόσμου. Κτίστηκε από τον διάσημο αρχιτέκτονα Σώστρατο τον Κνίδιο στην ομώνυμη νησίδα Φάρος, στην είσοδο του λιμανιού της Αλεξάνδρειας, σε τέσσερα επίπεδα. Κατά τη διάρκεια της νύχτας αντανakλούσε τη λάμψη μιας μεγάλης φωτιάς ενώ την ημέρα ύψωνε στον ουρανό μια μεγάλη στήλη καπνού. Αυτός ήταν ο πρώτος φάρος στον κόσμο και παρέμεινε στη θέση του για 1500 χρόνια.

Ο Ερατοσθένης (265-194 π.Χ.) υπολόγισε την περιφέρεια της Γης. Ο Αρίσταρχος, ανεξάρτητα, υπολόγισε τη διάμετρο της Γης από παρατηρήσεις

της σχετικής ανύψωσης του Ήλιου το μεσημέρι, σε δύο τοποθεσίες κατά μήκος του άξονα βορράς-νότος μεταξύ Ελλάδας και Αιγύπτου.

Ο Πτολεμαίος (127-151 μ.Χ.) δημιούργησε τον πρώτο παγκόσμιο άτλαντα, συμπεριλαμβανομένων των ωκεανών Ειρηνικού και Ινδικού, παρουσιάζοντας τον κόσμο σαν σφαίρα.

Από το ~4000 π.Χ. μέχρι το ~1000 μ.Χ. οι Πολυνήσιοι εγκαταστάθηκαν ως άποικοι στα νησιά του Νότιου Ειρηνικού ωκεανού. Ειδικότερα, το διάστημα 500 μ.Χ. μέχρι 700 μ.Χ., οι Πολυνήσιοι ανέπτυξαν ένα σύστημα ναυσιπλοΐας που χρησιμοποίησαν στους πλόες τους ανάμεσα στα πολλά νησιά του Ειρηνικού Ωκεανού. Για τον προσανατολισμό τους έκαναν χρήση της θέσης των άστρων, της σελήνης, των πλανητών και ακόμη των θαλάσσιων ρευμάτων και των παλιρροιών.

Το 900 μ.Χ., οι Βίκινγκς εξερεύνησαν τους ωκεανούς Αρκτικό και Βόρειο Ατλαντικό γύρω από τη Γροιλανδία, την Ισπανία και τη Νέα Γη, χρησιμοποιώντας για τον προσανατολισμό τους το Βόρειο Σέλας. Το 1000, οι Κινέζοι εφηύραν την πυξίδα που θεωρείται ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τις ανάγκες της ναυσιπλοΐας. Το 1420 μ.Χ., ο Πρίγκιπας Henry της Πορτογαλίας ίδρυσε την πρώτη Ναυτική Σχολή.

Γενικά, την εποχή του Μεσαίωνα, δηλαδή κατά τη χρονική περίοδο της ανθρώπινης ιστορίας που διαδέχεται την περίοδο της Αρχαιότητας και τελειώνει με την περίοδο της Αναγέννησης, περίπου δηλαδή από την κατάλυση του Δυτικού Ρωμαϊκού κράτους το 476 μ.Χ. και το θάνατο του Ιουστινιανού Α΄ το 565 μ.Χ. μέχρι την άλωση της Κωνσταντινούπολης από τους Τούρκους το 1453 μ.Χ., η νέα γνώση που προστέθηκε στην ήδη υπάρχουσα ήταν πολύ περιορισμένη. Ο Μεσαίωνας, οι Σκοτεινοί Αιώνες δηλαδή, ήταν μια περίοδος σκοταδισμού, θρησκευτικού φανατισμού και θρησκευτικής οπισθοδρόμησης. Κάποια επιτεύγματα σημειώθηκαν στη ναυπήγηση και τη ναυσιπλοΐα.

Κατά τους αιώνες 15ο και 16ο σημειώθηκαν τα μεγάλα ταξίδια ανακαλύψεων σε όλο τον κόσμο, που πραγματοποιήσαν κυρίως οι βόρειοι Ευρωπαίοι. Ειδικότερα, ο Bartholomew Dias (1486) και στη συνέχεια ο Vasco de Gama (1498) πραγματοποίησαν πλόες γύρω από την Αφρική και στα νερά του Ινδικού Ωκεανού (1486, 1498). Το 1490 ο Κολόμβος έπλευσε στον Ατλαντικό και ανακάλυψε την Αμερική. Το 1513, ο Ponce de Leon ανακάλυψε τον Ειρηνικό Ωκεανό. Ο Μαγγελάνος το 1519 ξεκίνησε τον πρώτο περίπλου της Γης. Το ταξίδι του τελείωσε το 1521. Ο Guglielmo de Loreno

το 1535 εφηύρε την πρώτη σφαίρα κατάδυσης. Φοριόταν στους ώμους και προσέφερε δυνατότητα κατάδυσης διάρκειας μιας ώρας. Το 1568, ο James Cook ξεκίνησε το πρώτο από τα τρία ταξίδια του για τη χαρτογράφηση του Ειρηνικού Ωκεανού. Οι πρώτοι ακριβείς προσδιορισμοί του γεωγραφικού μήκους έγιναν με τη βοήθεια χρονομέτρου. Το 1580, ο Drake ξεκίνησε ένα νέο περίπλου της Γης.

Το χρονικό διάστημα 1728-1761, ο John Harrison, ανέπτυξε ένα ποντοπόρο χρονομέτρο που βελτίωσε τη ναυσιπλοΐα και τη χαρτογράφηση.

Ο Captain James Cook, το διάστημα 1768-1779 πραγματοποίησε τέσσερις επιστημονικούς πλόες, προσδιορίζοντας το περίγραμμα του Ειρηνικού Ωκεανού, ανακαλύπτοντας τη Νέα Ζηλανδία, την Αυστραλία, το Great Barrier Reef, τα νησιά Sandwich και τα νησιά της Χαβάης, προσδιορίζοντας τις συνθήκες που επικρατούν στην επιφάνεια του ωκεανού, μετρώντας ανέμους, ρεύματα και θερμοκρασίες, μελετώντας τις κοραλλιογενείς υφάλους. Επίσης, κατέστησε δυνατή την ακριβή χαρτογράφηση της επιφάνειας της Γης.

Το 1769, ο Benjamin Franklin δημοσίευσε χάρτη του Ρεύματος του Κόλπου. Πρόκειται για ένα ρεύμα ανατολικής κατεύθυνσης στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό. Ανακάλυψε ότι τα ιστιοφόρα χρειάζονται δύο βδομάδες περισσότερο προκειμένου να πλεύσουν από την Ευρώπη προς τις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής από ό,τι στο ταξίδι της επιστροφής.

Το 1825, ο Άγγλος William H. Jones κατασκεύασε μία αυτόνομη συσκευή για υποβρύχια αναπνοή. Φοριόταν σαν ζώνη γύρω από τη μέση και παρείχε συμπιεσμένο ατμοσφαιρικό αέρα.

Ο Charles Darwin με το πλοίο «HMS Beagle» κατά το χρονικό διάστημα 1831-1836 ταξίδεψε γύρω από νησιά Galapagos στη θαλάσσια περιοχή του Περού. Ανακάλυψε και κατέγραψε πολλά νέα και ασυνήθιστα είδη φυτών και ζώων ενώ τα αποτελέσματα των ανακαλύψεών του τον οδήγησαν στη διατύπωση της θεωρίας του σχετικά με την εξέλιξη. Το 1859, ο Δαρβίνος δημοσίευσε το έργο «Η Προέλευση των Ειδών». Οι παρατηρήσεις του Δαρβίνου αποτέλεσαν κίνητρο για να οργανωθούν αποστολές στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό και τη Μεσόγειο Θάλασσα με τα ιστιοφόρα «Lightning» και «Porcupine».

Το χρονικό διάστημα 1815-1854, ο Edward Forbes μελέτησε την κάθετη κατανομή της ζωής στον ωκεανό και ταξινόμησε τη θαλάσσια στήλη σε ζώνες ζωής.

Το 1853, ο αξιωματικός του Πολεμικού Ναυτικού των Ηνωμένων Πολιτειών Matthew Fontaine Maury συγκέντρωσε απομεινάρια πλοίων από διάφορες θαλάσσιες περιοχές και δημοσίευσε τον πρώτο άτλαντα για πλόες και θαλάσσιες συνθήκες, ειδικότερα για τα μοντέλα πνοής ανέμων και κίνησης ωκεάνιων ρευμάτων. Τα αποτελέσματα χρησιμοποιήθηκαν για τη χαρτογράφηση των ασφαλέστερων και αποτελεσματικότερων ναυτικών οδών. Το 1855 έγραψε το πρώτο ωκεανογραφικό εγχειρίδιο «Η Φυσική Γεωγραφία των Θαλασσών» (The Physical Geography of the Seas). Περιελάμβανε χάρτες και πληροφορίες που αποτέλεσαν σημαντική βοήθεια για τους ναυτιλλομένους. Θεωρείται ότι είναι ο πατέρας της σύγχρονης ωκεανογραφίας.

Τη χρονική περίοδο 1872-1876, πραγματοποιήθηκε η αποστολή του «HMS Challenger», που αποτελεί την πρώτη σύγχρονη ωκεανογραφική αποστολή σε παγκόσμια κλίμακα και εκτιμάται ως ένα από τα σημαντικότερα ταξίδια του 19ου αιώνα. Ειδικότερα, το 1870, ο καθηγητής Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου του Εδιμβούργου, Wyville Thomson, έπεισε τη Royal Society του Λονδίνου να ζητήσει από τη Βρετανική Κυβέρνηση να παρέχει ένα από τα πλοία της, προκειμένου να διεξαχθεί μια μεγάλη επιστημονική αποστολή για να μελετηθούν οι ωκεανοί της Γης. Η αποστολή του HMS Challenger υποστηρίχθηκε οικονομικά από τη Royal Society και το Βασιλικό Ναυτικό. Η αποστολή απέπλευσε στις 21 Δεκεμβρίου του 1872 από το Portsmouth με μια κορβέτα, το HMS Challenger, και κατέπλευσε στο Spithead στις 24 Μαΐου 1876.

Το «HMS Challenger» ήταν ένα ξύλινο σκαρί, με εκτόπισμα περίπου 2300 τόνων και συνολικό μήκος περίπου 200 ποδιών. Ήταν ιστιοφόρο με μηχανή 1200 HP. Έπλεε κυρίως με τα πανιά εκτός από τις περιπτώσεις που απαιτούσαν λεπτούς χειρισμούς, όπως παραδείγματος χάριν κατά τη διεξαγωγή επιστημονικών παρατηρήσεων. Το πλοίο διέθετε επιστημονικά εργαστήρια και χώρους εργασίας ειδικά σχεδιασμένους για τη διεξαγωγή επιστημονικών μελετών στα διάφορα πεδία της ωκεανογραφίας.

Η αποστολή πραγματοποιήθηκε με τις εντολές του Captain George Nares, ενώ συμμετείχαν περίπου 20 αξιωματικοί του Ναυτικού, συμπεριλαμβανομένων μηχανικών, το δε πλήρωμα έφθανε τα 200 άτομα. Το επιστημονικό προσωπικό αποτελείτο από 6 πολίτες, με την καθοδήγηση του Wyville Thomson, ενώ συμπεριλάμβανε τους φυσιοδίφες John Murray και Henry N. Mosely, τον χημικό/φυσικό John Buchanan και τον καλλιτέχνη J.J. Wild.

Το «HMS Challenger» έπλευσε σε όλους τους ωκεανούς διανύοντας 68.890 ναυτικά μίλια. Μελετήθηκαν οι φυσικές παράμετροι της βαθιάς θάλασσας, η χημική σύσταση του θαλάσσιου νερού, τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των αποθέσεων του θαλάσσιου πυθμένα και η κατανομή της ζωής σε όλα τα βάθη της υδάτινης στήλης. Συλλέχθηκαν δείγματα από τον Βόρειο και Νότιο Ατλαντικό Ωκεανό και τον Ειρηνικό Ωκεανό, ενώ πραγματοποιήθηκαν πλόες στις πολικές θάλασσες του Βόρειου Ατλαντικού και νότια του Ανταρκτικού Κύκλου. Μετρήθηκε το βάθος της Τάφρου των Μαριανών ενώ συλλέχθηκαν και ταξινομήθηκαν 4.717 νέα θαλάσσια είδη.

Οι σταθμοί δειγματοληψίας ήσαν 362. Σε κάθε σταθμό προσδιορίστηκε το ακριβές βάθος της θάλασσας, μετρήθηκε η θερμοκρασία στο βυθό, συλλέχθηκε δείγμα από το βυθό (βάρους μεταξύ μιας ουγκιάς και μιας λίβρας) και μελετήθηκε φυσικοχημικά δείγμα νερού από το βαθύτερο σημείο της υδάτινης στήλης. Από τους περισσότερους σταθμούς, πάρθηκε αντιπροσωπευτικό δείγμα της χλωρίδας του βυθού με δράγα ή βυθοκόρο, της χλωρίδας στην επιφάνεια και σε ενδιάμεσα βάθη της υδάτινης στήλης με κατάλληλα ρυθμιζόμενα δίχτυα ρυμούλκησης, ενώ καταγράφονταν θερμοκρασιακές παρατηρήσεις σε διάφορα βάθη κατά μήκος της υδάτινης στήλης. Σε πολλούς σταθμούς συλλέχθηκαν δείγματα θαλάσσιου νερού κατά μήκος της υδάτινης στήλης. Σε όλες τις περιπτώσεις παρατηρήθηκαν λεπτομερώς και καταγράφονταν οι ατμοσφαιρικές και μετεωρολογικές συνθήκες. Ακόμη, προσδιορίστηκε η κατεύθυνση και η ταχύτητα των επιφανειακών ωκεάνιων ρευμάτων. Σε λίγους σταθμούς καταβλήθηκε προσπάθεια προκειμένου να εξακριβωθεί η κατεύθυνση και η ταχύτητα της κυκλοφορίας του νερού σε διάφορα βάθη.

Στη συνέχεια, μετά την επιστροφή στην Ξηρά, περισσότεροι των 100 επιστημόνων μελέτησαν τα ευρήματα της αποστολής. Τα αποτελέσματα συμπεριλήφθηκαν στην αναφορά με τον τίτλο *The Report of the Scientific Results of the Exploring Voyage of H.M.S. Challenger*. Πρόκειται για 50 τόμους, διαστάσεων 13 επί 10 ιντσών και με πάχος αντίστοιχο εκείνου της Βίβλου, συνολικά 29.552 σελίδων. Το σύγγραμμα δημοσιεύθηκε το διάστημα 1885-1895 συμπεριλαμβάνοντας λεπτομερείς μελέτες και πλήθος εικόνων για τα θαλάσσια ρεύματα, τη θερμοκρασία, το βάθος, τα συστατικά του ωκεανού, την τοπογραφία του ωκεάνιου πυθμένα, τους γεωλογικούς σχηματισμούς, τη βιολογία ακόμη και τα είδη της πανίδας στα αβυσσαία νερά.

Η αποστολή του «HMS Challenger» ενέπνευσε στη συνέχεια πληθώρα ωκεανογραφικών αποστολών, ενώ, όπως είπε ο John Murray το 1895, απο-

τέλεσε το σημαντικότερο επίτευγμα στην προσπάθεια της κατανόησης του πλανήτη Γη, μετά τις σπουδαίες ανακαλύψεις του 15ου και 16ου αιώνα.

Στη Ρωσία, τη Γαλλία, τις ΗΠΑ και αλλού άρχισε η ίδρυση και οργάνωση των πρώτων επιστημονικών ιδρυμάτων για τη θαλάσσια έρευνα. Στη Σεβαστούπολη το 1872 και στις ακτές του Murmansk το 1881 ιδρύθηκαν οι πρώτοι ερευνητικοί σταθμοί θαλάσσιας βιολογίας.

Το χρονικό διάστημα 1886-1889 πραγματοποιήθηκε η γνωστή ρώσικη αποστολή με το πλοίο «Vityaz» με την καθοδήγηση του σπουδαίου επιστήμονα Ναυάρχου S.O. Makarov. Μελετήθηκαν λεπτομερώς τα νερά του Βόρειου Ειρηνικού Ωκεανού. Τα αποτελέσματα συμπεριλήφθηκαν στη μονογραφία «*Vityaz» and the Pacific Ocean*.

Ο Fridtjof Nansen το χρονικό διάστημα 1893-1895 χαρτογράφησε τον Αρκτικό Ωκεανό.

Το 1899, ο S.O. Makarov έκτισε το πρώτο μηχανοκίνητο παγοθραυστικό, το «Ermak», με το οποίο προσπάθησε να προσεγγίσει τον Βόρειο Πόλο. Το διάστημα 1897-1899, επιστήμονες από διάφορες χώρες επιβιβάστηκαν στο βέλγικο ερευνητικό «Belgica» και επιτυχώς διαχείμασαν ανάμεσα στους πάγους της Ανταρκτικής.

Προς τα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ο Fridtjof Nansen ήταν ο αρχηγός μιας αποστολής στον Αρκτικό Ωκεανό προκειμένου να ελέγξει τη θεωρία που είχε διατυπώσει σχετικά με την ωκεάνια κυκλοφορία στα αρκτικά νερά. Η αποστολή αυτή αποτέλεσε την αρχή της εξερεύνησης των πολικών θαλάσσιων περιοχών που συνεχίστηκε στις αρχές του 20ού αιώνα.

Το 1903, ιδρύθηκε το Scripps Institute στο San Diego της California. Θεωρείται το πρώτο βασικό Ινστιτούτο των ΗΠΑ με επίκεντρο ενδιαφέροντος τις βιολογικές μελέτες. Η προσπάθεια αυτή ακολουθήθηκε στη συνέχεια με την ίδρυση παρόμοιων ινστιτούτων σε διάφορες περιοχές.

Το 1907, ο Άγγλος J.S. Haldane πραγματοποίησε σειρά μετρήσεων προκειμένου να ερμηνεύσει το λόγο για τον οποίο οι δύτες του Πολεμικού Ναυτικού των ΗΠΑ υπέφεραν από εξάντληση μέχρι και θάνατο σε κατάδυση σε βάθος μεγαλύτερο των 20 m. Ακόμη, παρείχε στοιχεία για τεχνική ασφαλούς αποσυμπίεσης.

Το 1917, δημοσιεύθηκε το βιβλίο *Oceanography* του Yu. M. Shokal'skiy, ενός από τους ιδρυτές της νέας επιστήμης των Ωκεανών. Στο βιβλίο αυτό συγκεντρώθηκε το σύνολο της συσσωρευμένης γνώσης, της θεωρίας και των παρατηρήσεων σχετικά με τον Παγκόσμιο Ωκεανό.

Το 1921, κατασκευάστηκε στη Ρωσία το *Plavmornin*, ένα θαλάσσιο ινστιτούτο με τη μορφή επιπλέουσας κατασκευής. Το διάστημα 1921-1924, το ερευνητικό πλοίο «*Persey*» πραγματοποίησε πολυάριθμες αποστολές στον Αρκτικό Ωκεανό.

Το χρονικό διάστημα 1925-1927 πραγματοποιήθηκε η αποστολή του γερμανικού πλοίου «*Meteor*» για τη λεπτομερή μελέτη του Νότιου Ατλαντικού Ωκεανού. Στην αποστολή αυτή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά οπτικός και ηλεκτρονικός εξοπλισμός. Έγιναν μετρήσεις σε επιφανειακά και βαθιά σώματα νερού. Η σημαντικότερη πρωτοπορία ήταν η χρησιμοποίηση κατάλληλης συσκευής για την καταγραφή ηχητικών κυμάτων μετά την ανάκλαση τους στην επιφάνεια του βυθού. Με τον τρόπο αυτό μελετήθηκε το βάθος και η τοπογραφία του βυθού. Οι επιστήμονες αντιλήφθηκαν ότι ο βυθός δεν είναι επίπεδος αλλά εμφανίζει ποικιλία στο profile του, το οποίο σε πολλές περιπτώσεις χαρακτηρίζεται ως ιδιαίτερος ανώμαλο.

Το 1931, το πλοίο «*Atlantis*», το πρώτο πλοίο των ΗΠΑ που ναυπηγήθηκε για να καλύψει ερευνητικές ανάγκες, επιβεβαίωσε τα ευρήματα του Matthew Maury σχετικά με την ύπαρξη της μέσο-ωκεάνιας ράχης του Ατλαντικού. Επίσης, συνετέλεσε στην εκτίμηση του εύρους της ράχης. Το 1937, η σκούνα «*E.W. Scripps*» ξεκίνησε ένα εκτενές και πολυδιάστατο πρόγραμμα με χημικές, βιολογικές και γεωφυσικές μελέτες ανοιχτά των ακτών της Νότιας Καλιφόρνια. Οι αποστολές αυτές συνέβαλαν στη δημοσίευση της μελέτης *Οι Ωκεανοί (The Oceans)*, το 1942. Θεωρείται ότι αποτελεί την πρώτη σύγχρονη μελέτη που ασχολείται με όλες της πτυχές της θαλάσσιας επιστήμης.

Το 1934, ο βιολόγος William Beebe και ο μηχανικός Otis Barton πραγματοποιούν την πρώτη κατάδυση στη βαθιά θάλασσα. Καταδύθηκαν στα 923m (3.028 πόδια) με μια βαθυσφαίρα προκειμένου να παρατηρήσουν άμεσα τη θαλάσσια περιοχή των Βερμούδων. Ανακάλυψαν τη ζωή στη βαθιά θάλασσα.

Το 1943, οι Jacques Cousteau και Emile Gagnan επινόησαν και κατασκεύασαν τον υδροπνεύμονα (aqualung), ένα αυτόνομο σκάφανδρο με πεπιεσμένο αέρα. Η συσκευή αυτή προσέφερε τη δυνατότητα για την ουσιαστική θαλάσσια εξερεύνηση.

Μετά τον Β΄ Παγκόσμιο Πόλεμο σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στην εξερεύνηση των ωκεανών. Έγινε κατανοητό ότι τόσο η εκμετάλλευση των

ωκεάνιων αποθεμάτων όσο και η πρόβλεψη των καιρικών συνθηκών προϋποθέτουν τη γνώση σε βάθος της ωκεάνιας φύσης.

Το 1950, το βαθυσκάφος «Trieste» καταδύθηκε στα 10.915 m.

Τον Οκτώβριο του 1951, ξεκίνησε η διετής αποστολή του νέου «HMS Challenger». Πραγματοποίησε ακριβείς βυθομετρικές μετρήσεις στους ωκεανούς Ατλαντικό, Ειρηνικό και Ινδικό καθώς και στη Μεσόγειο Θάλασσα. Το πλήρωμα του «HMS Challenger II», με το νέο σύγχρονο εξοπλισμό που διέθετε, μελέτησε τη διάδοση ηχητικών κυμάτων πραγματοποιώντας μέσα σε λίγα λεπτά μετρήσεις που είχαν απαιτήσει σχεδόν 4 ώρες από το πλήρωμα του «HMS Challenger». Στη διάρκεια της αποστολής αυτής ανακαλύφθηκε το βαθύτερο σημείο της βαθύτερης ωκεάνιας τάφρου, και ονομάστηκε Challenger Deep. Το 1960, οι Don Walsh και Jacques Piccard με το ελβετικής κατασκευής βαθυσκάφος «Trieste» καταδύθηκαν στο Challenger Deep.

Ο Γάλλος ωκεανογράφος Jacques Yves Cousteau στις αρχές της δεκαετίας του 1950 μετέτρεψε το ναρκαλιευτικό «Calypso» σε σκάφος ωκεανογραφικών ερευνών. Στη συνέχεια, πραγματοποίησε πολλές επιστημονικές αποστολές στις ελληνικές ακτές, την Ερυθρά Θάλασσα, τον Ινδικό Ωκεανό και τον Περσικό Κόλπο. Χρησιμοποίησε νέα τεχνολογικά επιτεύγματα και έφερε στο φως στοιχεία που αποδείκνυαν την πλούσια βιοποικιλία του ωκεανού. Ο Cousteau έγραψε πολλά σχετικά βιβλία και έκανε πολλές ταινίες με αντίστοιχο υλικό.

Το 1959, ο Jacques Yves Cousteau συνέβαλε στην κατασκευή ενός βαθυσκάφους με τη μορφή υποβρύχιου δίσκου. Το βαθυσκάφος αυτό μπορούσε να καταδυθεί σε βάθος 350m, ενώ παρείχε τη δυνατότητα σε δύο επιβαίνοντες να παρατηρήσουν, να κινηματογραφήσουν και να συλλέξουν δείγματα. Ο Cousteau με τους συνεργάτες του πειραματίστηκαν σε κατασκευές υποβρύχιας διαμονής: Πρεκοντινάν 1 το 1962 ανοικτά της Μασσαλίας, Πρεκοντινάν 2 το 1963 στην Ερυθρά Θάλασσα και Πρεκοντινάν 3 το 1965, το οποίο επέτρεψε σε 6 άνδρες να ζήσουν επί 3 εβδομάδες σε βάθος 100m.

Το χρονικό διάστημα 1967-1970, η ερευνητική ομάδα του «Calypso» πραγματοποίησε μακρύ περίπλου διασχίζοντας την Ερυθρά Θάλασσα και τους ωκεανούς Ινδικό, Ατλαντικό και Ειρηνικό. Το υλικό που συγκεντρώθηκε αντιστοιχεί σε δώδεκα ωριαίες ταινίες που αναφέρονται στις φάλαινες, τους θαλάσσιους ελέφαντες, τα κοράλλια κ.λπ.

Το 1967 γεννήθηκε το ωκεάνιο modelling. Οι Dugdale και Goering εισήγαγαν την έννοια της σχέσης μεταξύ φυσικής και χημικής ωκεανογραφίας και τη δυνατότητα προβλέψεων με τη βοήθεια αριθμητικών σχέσεων.

Το 1968 άρχισε το Deep Sea Drilling Project σε συνεργασία πανεπιστημίων και ερευνητικών κέντρων. Στόχος του ήταν η συλλογή δειγμάτων από το φλοιό της Γης με σκοπό τη μελέτη της υπόθεσης που σχετίζεται με τη γεωλογική ιστορία του ωκεάνιου πυθμένα. Το πλοίο που έφερε σε πέρας αυτές τις γεωτρήσεις ήταν το «Glomar Challenger», που μπορούσε να πραγματοποιήσει γεωτρήσεις σε ωκεάνιες περιοχές με βάθη 6.000m. Τα δείγματα των πετρωμάτων του βυθού επιβεβαίωσαν τη θεωρία της διεύρυνσης του ωκεάνιου πυθμένα και τη θεωρία των τεκτονικών πλακών.

Το 1977 ο Hobbie και η ομάδα του ανέπτυξαν την τεχνική δημιουργίας κηλίδων μέσω φθορισμού (fluorescent staining) δίνοντας τη δυνατότητα παρακολούθησης του ρυθμού ανάπτυξης πρωτοζώων, βακτηρίων και φυτοπλαγκτού. Με τον τρόπο αυτό, έγινε φανερή η εξόχως σημαντική δράση των μικροβίων στο ωκεάνιο τροφικό πλέγμα.

Το 1978, άρχισε να λειτουργεί ο Έγχρωμος Σαρωτής της Παράκτιας Ζώνης (Coastal Zone Color Scanner). Η λειτουργία του βασίζεται σε δορυφορικές παρατηρήσεις, συγκέντρωση ωκεανογραφικών δεδομένων και απεικόνιση με αντίστοιχα χρώματα. Με τον τρόπο αυτό, η επιστημονική μελέτη των ωκεανών πραγματοποιείται με μια ευρύτερη παγκόσμια προοπτική.

Το 1985, οι γεωτρήσεις στις βαθιές ωκεάνιες περιοχές συνεχίστηκαν με το σύγχρονο, μεγαλύτερο και άρτια τεχνολογικά εξοπλισμένο «JOIDES Resolution».

Το 1990, ο John Martin δημοσίευσε την «υπόθεση του σιδήρου», σύμφωνα με την οποία, η προσθήκη σιδήρου σε ορισμένες ωκεάνιες περιοχές θα οδηγούσε σε αύξηση της φυτοπλαγκτονικής ανάπτυξης που θα προκαλούσε μείωση των αποθεμάτων σε διοξείδιο του άνθρακα και τελικά σχετική ψύξη της Γης. Η αμφισβητούμενη αυτή υπόθεση επιβεβαιώθηκε το 1993, και έτσι έγινε φανερή η μεγάλη σημασία που έχει το επίπεδο της συγκέντρωσης σιδήρου σε πολλές ωκεάνιες περιοχές.

Το 1990, αναπτύχθηκε το μοντέλο Fasham (Fasham Model). Πρόκειται για ένα πολύ διαδεδομένο μοντέλο που χρησιμοποιείται στα ωκεάνια οικοσυστήματα των ανώτερων στρωμάτων. Συνεπώς, το Ocean Modelling έγινε πλέον συνήθης πρακτική στη μελέτη των ωκεανών.

Στις αρχές του 21ου αιώνα, αναπτύχθηκε το Integrated Ocean Developing System (IODS), που συμβάλλει ενεργά σε μια βελτιωμένη μετεωρολογική πρόβλεψη. Την ευθύνη για τις γεωτρήσεις στα βάθη των ωκεανών ανέλαβε τον Οκτώβριο του 2003 το Integrated Ocean Drilling Program (IODP), μια διεθνής ερευνητική κοινοπραξία με το ακόμη μεγαλύτερο ιαπωνικό πλοίο «R/V Chikyu»¹. Το πλοίο αυτό από τις αρχές του 2005 καθοδηγεί τις προσπάθειες του προγράμματος IODP ενώ αναμένεται να βρίσκεται σε πλήρη λειτουργία το 2007. Έχει τη δυνατότητα να εκτελεί γεωτρήσεις σε ωκεάνια βάθη μέχρι τα 11 km. Ακόμη, έχει τη δυνατότητα ελέγχου της ροής αερίου και πετρελαίου. Αυτό επιτυγχάνεται με την ύπαρξη ενός εξωτερικού περιβλήματος στο σωλήνα γεώτρησης που επιτρέπει την κυκλοφορία του ρευστού της γεώτρησης. Έτσι, διατηρείται η ισορροπία της πίεσης μέσα στην τρύπα της γεώτρησης και αποφεύγονται οι εκρήξεις. Συνεπώς, το «R/V Chikyu» θα μπορεί να εκτελέσει γεωτρήσεις σε ιζηματογενείς λεκάνες στα ηπειρωτικά περιθώρια, κάτι που με ασφάλεια δεν ήταν δυνατόν να πραγματοποιηθεί από το «JOIDES Resolution». Επίσης, το πλοίο «R/V Chikyu» θα φιλοξενεί ένα από τα πλέον άρτια γεωλογικά εργαστήρια που έχουν ποτέ υπάρξει σε πλοίο.

Γενικά, μπορεί με βεβαιότητα να ειπωθεί ότι τις τελευταίες δεκαετίες, η Ωκεανογραφία εξελίχθηκε σε σημαντικό ερευνητικό χώρο μελέτης. Σ' αυτό συνετέλεσαν τα σύγχρονα τεχνολογικά επιτεύγματα και η ναυπήγηση ερευνητικών πλοίων που επιτρέπουν αποστολές σε κάθε ωκεάνια περιοχή.

1.4 Παλαιοωκεανογραφία

Η Παλαιοωκεανογραφία είναι ο επιστημονικός κλάδος που μελετά τις μεταβολές που έχουν υποστεί το σχήμα, η σύσταση και γενικά ο χαρακτήρας των ωκεανών. Οι μεταβολές αυτές είναι το αποτέλεσμα των παλαιογεωγραφικών μεταβολών.

Ενδεικτικά αναφέρεται ότι (Dietz and Holden, 1970) πριν από 540 εκατομμύρια χρόνια, η Βόρεια Αμερική βρισκόταν στην περιοχή του Ισημερινού και περιστράφηκε 90° δεξιόστροφα. Η Ανταρκτική βρισκόταν στον Ισημε-

1. Chikyu στα ιαπωνικά σημαίνει πλανήτης Γη.

ρινό και ήταν συνδεδεμένη με τις περισσότερες ηπείρους. Πριν από 540 με 300 εκατομμύρια χρόνια, οι ήπειροι άρχισαν να ενώνονται σχηματίζοντας την Πανγαία. Η Αλάσκα δεν είχε ακόμη σχηματισθεί. Οι ήπειροι, τα νησιά και τα ηφαίστεια τροφοδοτούσαν με αργό ρυθμό χερσογενή υλικά στα άκρα των ηπείρων αυξάνοντας τις χερσαίες μάζες.

Πριν από 180 εκατομμύρια χρόνια, η Πανγαία άρχισε να χωρίζεται και οι ήπειροι να μετακινούνται προς τις σημερινές τους θέσεις. Η Βόρεια και η Νότια Αμερική απομακρύνθηκαν από την Ευρώπη και την Αφρική και δημιουργήθηκε ο Ατλαντικός Ωκεανός. Η δημιουργία του Ατλαντικού Ωκεανού είναι το αποτέλεσμα της κίνησης των τεκτονικών πλακών. Στο Νότιο Ημισφαίριο, η Νότια Αμερική και η ήπειρος που αποτελείται από τις Ινδίες, την Αυστραλία και την Ανταρκτική διαχωρίστηκαν από την Αφρική.

Πριν από 120 εκατομμύρια χρόνια διαχωρίστηκε πλήρως η Νότια Αμερική από την Αφρική ενώ οι Ινδίες μετακινήθηκαν βόρεια απομακρυνόμενες από Αυστραλία και Ανταρκτική που κινήθηκαν με τη σειρά τους προς το Νότιο Πόλο. Πριν από 45 εκατομμύρια χρόνια, η συνεχιζόμενη ανάπτυξη του Ατλαντικού Ωκεανού ανάγκασε τις Ινδίες να κινηθούν με γρήγορους ρυθμούς βόρεια και να ενωθούν με την Ασία. Η Αυστραλία διαχωρίστηκε από την Ανταρκτική σε μια γρήγορη μετακίνησή της προς τα βόρεια.

Σήμερα, ο Ατλαντικός Ωκεανός εξακολουθεί να διευρύνεται με την ανάπτυξη του ωκεάνιου πυθμένα στη Μέσο-Ατλαντική Ράχη. Αντίθετα, ο Ειρηνικός Ωκεανός εξακολουθεί να συρρικνώνεται λόγω της καταβύθισης που σημειώνεται κατά μήκος των πολυάριθμων τάφρων και των ηπειρωτικών πλακών (Trujillo and Thurman, 2005).

1.5 Η Ωκεάνια Προέλευση και Εξέλιξη της Ζωής

Τα πιο άφθονα χημικά στοιχεία του διαστήματος είναι το υδρογόνο, το ήλιο, ο άνθρακας, το άζωτο και το οξυγόνο. Από τα στοιχεία αυτά πιθανόν σχηματίστηκαν το μεθάνιο, η αμμωνία και οι υδρατμοί και αποτέλεσαν το μεγαλύτερο μέρος της γήινης ατμόσφαιρας. Η ηλικία της Γης εκτιμάται σε 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Στα πρώτα στάδια της ιστορίας της Γης, ο πλανήτης διέθετε άφθονη ηφαιστειακή δραστηριότητα. Το αποτέλεσμά της ήταν η απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων υδρατμών και μικρότερων ποσοτήτων άλλων αερίων. Όταν στη συνέχεια η Γη άρχισε να ψύχεται, οι υδρατμοί συμπυκνώ-

θηκαν σε σύννεφα που πέφτοντας στη Γη συσσωρεύθηκαν σχηματίζοντας τους αρχέγονους ωκεανούς πριν από τουλάχιστον 4 δισεκατομμύρια χρόνια.

Στην αρχέγονη ατμόσφαιρα της Γης επικρατούσαν μάλλον αναγωγικές συνθήκες ενώ ο οξειδωτικός μηχανισμός ή η βακτηριακή αποσύνθεση δεν αποτελούσαν πρόβλημα. Η απουσία οξυγόνου από την αρχέγονη ατμόσφαιρα της Γης είχε ως αποτέλεσμα την απουσία στρώματος όζοντος και η Γη έμενε εκτεθειμένη σε διάφορες μορφές ακτινοβολίας, όπως υπεριώδη ακτινοβολία, άλλες μορφές ηλιακής ακτινοβολίας και κοσμικές ακτίνες. Σημαντικές ενεργειακές πηγές υπήρξαν οι ηλεκτρικές εκκενώσεις, η θερμότητα ηφαιστειακής προέλευσης, η ραδιενέργεια και μεγάλες συγκρούσεις με μετεωρίτες. Τα ενεργειακά αυτά ποσά ίσως συνετέλεσαν στη σύνθεση βιολογικών μορίων από τα χημικά στοιχεία που υπήρχαν στην αρχέγονη γήινη ατμόσφαιρα, πρόκειται δηλαδή για τη θεωρία της αβιοτικής γένεσης βιομορίων. Σύμφωνα με τον Oparin² δεν υπάρχει θεμελιώδης διαφορά μεταξύ ενός ζώντος οργανισμού και της ανόργανης ύλης, ενώ οι χαρακτηριστικές ιδιότητες της ζωής μπορεί να προέκυψαν κατά το μηχανισμό εξέλιξης της ύλης. Με την ανακάλυψη της ύπαρξης μεθανίου στην ατμόσφαιρα του Δία και άλλων μεγάλων πλανητών, ο Oparin δέχθηκε ότι η νηπιακή Γη χαρακτηριζόταν από μια πολύ αναγωγική ατμόσφαιρα, που περιείχε μεθάνιο, αμμωνία, υδρογόνο και υδρατμούς. Ο Oparin πίστευε ότι αυτές οι χημικές ουσίες αποτέλεσαν τους δομικούς λίθους για την εξέλιξη της ζωής, (Oparin, 1952· Oparin and Fesenkov, 1961).

Η αρχική πίστη, ότι η δημιουργία οργανικών ενώσεων συντελείται μόνο μέσα σε ζωντανά κύτταρα, καταρρίφθηκε όταν το 1824 ο Wöhler απέδειξε ότι η κοινά απαντώμενη οργανική ένωση ουρία, που αποτελεί το τελικό προϊόν του μεταβολισμού της πρωτεΐνης, μπορεί να συντεθεί με την εξάτμιση διαλύματος του ανόργανου άλατος του κυανικού αμμωνίου. Η ανόργανη σύνθεση της ουρίας οδήγησε στην άποψη ότι οι οργανικές ενώσεις, και κατ' επέκταση η ζωή, θα μπορούσαν να έχουν προκύψει από μη ζώσες, δηλαδή ανόργανες ουσίες, σε κάποιο στάδιο της ιστορίας του πλανήτη μας. Οι χρόνοι όμως που απαιτούνται για τη στιγμιαία δημιουργία οργανικής ύλης από ανόργανα συστατικά είναι πολύ διαφορετικής τάξης μεγέθους από τον συνολικό χρόνο της ζωής του ανθρώπινου είδους, ενώ οι περιβαλλοντικές συνθήκες που θα την επέτρεπαν δεν συναντώνται πλέον στη Γη.

2. Oparin, Aleksandr Ivanovich, 1894-1980, Ρώσος βιοχημικός.

Μετά τη διέλευση περισσότερων από 100 χρόνων από τη διατύπωση του Wöhler, ότι η ζωή θα μπορούσε να έχει προκύψει από ανόργανα συστατικά με φυσικούς μηχανισμούς, σημειώθηκε η πρώτη πραγματική σύνθεση φωτο-βιο-υλικών από ανόργανα συστατικά κάτω από συνθήκες αντίστοιχες των αρχέγονων συνθηκών του Πλανήτη (Miller, 1953· Miller, 1955· Miller and Urey, 1959). Ο Miller ήταν ο πρώτος που πειραματίστηκε πάνω στις ιδέες του Oparin σχετικά με την αβιοτική γένεση των βιομορίων. Ο Miller χρησιμοποίησε τα χημικά μόρια της αρχέγονης γήινης ατμόσφαιρας και τις αντίστοιχες συνθήκες (θερμοκρασία της τάξης των 80°C και ενέργεια από ηλεκτρικούς σπινθήρες). Η χημική αντίδραση που έγινε σχημάτισε οργανικά μόρια, όπως αμινοξέα (γλυκίνη, αλανίνη, γλουταμινικό οξύ) και διάφορα άλλα οργανικά οξέα (μυρμηκικό οξύ, γαλακτικό οξύ). Τα τελευταία χρόνια οι προσπάθειες αυτές επαναλήφθηκαν, επιβεβαιώθηκαν και διευρύνθηκαν.

Διάφορα πειράματα που έχουν διεξαχθεί χρησιμοποιώντας ποικιλία απλών χημικών ενώσεων (υδρογόνο, υδρατμούς, αμμωνία, διοξείδιο του άνθρακα, μονοξείδιο του άνθρακα, υδροθείο, μεθάνιο) σε συνδυασμό με ακτινοβολίες ποικίλων μηκών κύματος και εντάσεων έχουν επιτύχει την αβιοτική σύνθεση όλων σχεδόν των οργανικών μορίων που θεωρούνται ότι είναι απαραίτητα για να σχηματισθούν τα βασικά χημικά συστατικά του κυττάρου, δηλαδή έχουν συντεθεί αμινοξέα, αζωτούχες βάσεις, γλυκερίνη, λιπαρά οξέα και σάκχαρα. Στην περίπτωση δε που το αρχικό μείγμα των ουσιών που αντιδρούν περιέχει φώσφορο, τότε μπορεί να παραχθεί αβιοτικά ακόμη και η τριφωσφορική αδενοσίνη (ATP).

Τα αποτελέσματα που προέκυψαν τόσο από τη χημική ανάλυση υλικών μετεωρικής προέλευσης και δειγμάτων από σεληνιακά πετρώματα όσο και από ραδιοφασματικές αναλύσεις του διαστρικού χώρου έδειξαν ότι οργανικά μόρια υπάρχουν και εκτός Γης. Τα αποτελέσματα αυτά ήταν η βάση για να προταθούν εναλλακτικές υποθετικές θεωρίες όσον αφορά την εμφάνιση της ζωής στη Γη. Ήδη, στα μέσα του 19ου αιώνα, ο William Thomson, πρώτος βαρόνος Kelvin³, είχε την άποψη ότι η σχετικά νεαρή ηλικία της Γης δεν μπορούσε να συμφωνεί με την αργή εξελικτική πορεία του μηχανισμού δημι-

3. William Thomson Kelvin, Ιρλανδοσκωτσέζος, 1824 - 1907, μαθηματικός, φυσικός, μηχανικός.

ουργίας των πρώτων κυττάρων από ανόργανη ύλη. Ο Kelvin διατύπωσε την άποψη ότι η ζωή πάνω στη Γη προήλθε από το Διάστημα. Στη συνέχεια, ο Arrhenius⁴ διατύπωσε τη Θεωρία της Πανσπερμίας (Πλανητική Πανσπερμία, Κοσμική Σπορά). Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, η πίεση της ακτινοβολίας ανάγκασε τους μικροοργανισμούς να διασκορπιστούν στο διάστημα και να αποικήσουν τελικά τους «κατάλληλους» πλανήτες στους οποίους βρέθηκαν τυχαία. Δηλαδή, η Πλανητική Πανσπερμία υποστηρίζει ότι το διάστημα είναι ο χώρος όπου οι μορφές ζωής μετακινούνται.

Τη δεκαετία του 1960, ο Crick⁵ άρχισε να ασχολείται με την προέλευση του γενετικού κώδικα. Ο Crick ανέπτυξε διάφορες υποθέσεις σχετικά με τα πιθανά στάδια από τα οποία θα πρέπει να πέρασε ένας αρχικά απλός κώδικας που διέθετε λίγες ομάδες αμινοξέων, μέχρι να μετατραπεί σε ένα πιο περίπλοκο κώδικα, ο οποίος χρησιμοποιείται από τους υπάρχοντες οργανισμούς (Crick, 1968).

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, οι Crick και Orgel συνέχισαν τη διατύπωση υποθέσεων σχετικά με την ιδιαίτερα σπάνια πιθανότητα της παραγωγής ζωντανών συστημάτων από απλά μόρια. Όμως, εάν μπορούσε να γίνει κάτι τέτοιο, τότε οι έξυπνες μορφές ζωής θα μπορούσαν να εξαπλωθούν χρησιμοποιώντας τεχνολογία διαστημικού ταξιδιού, μια μέθοδο που ονόμασαν Κατευθυνόμενη Πανσπερμία (Directed Panspermia, Crick and Orgel, 1973· Crick, 1981). Αργότερα, οι Crick και Orgel σχολίασαν ότι ήταν απαισιόδοξοι σχετικά με τις πιθανότητες της εξέλιξης της ζωής στη Γη, όταν υποστήριξαν ότι η μοριακή προέλευση της ζωής αναφερόταν σε κάποιες μορφές πρωτεϊνικών συστημάτων με δυνατότητα αυτοαντιγραφής. Τώρα πια, είναι πολύ πιο εύκολο να δεχθούμε ότι η ζωή προήλθε από κάποια πολυμερή, όχι πρωτεϊνικές μορφές, που διέθεταν δυνατότητα αυτοαντιγραφής.

Τα αποτελέσματα από τις δύο πρώτες εξερευνήσεις του Άρη και η υπάρχουσα γνώση για την αδυναμία ύπαρξης ζωής όταν υπάρχει συνεχιζόμενη έκθεση σε κοσμική ακτινοβολία είναι ενδείξεις που κλονίζουν σοβαρά την έννοια της Πλανητικής Πανσπερμίας. Όσο δε για τη Θεωρία της Κατευθυνόμενης Πανσπερμίας, οι μέχρι σήμερα υπάρχουσες ενδείξεις δεν την τεκμηριώνουν.

4. Svante Arrhenius, 1859-1927, Σουηδός χημικός.

5. Francis Harry Compton Crick, 1916-2004, Άγγλος φυσικός, μοριακός βιολόγος, νευροεπιστήμονας.

Η βαθμιαία ψύξη της Γης οδήγησε σε συμπύκνωση των υδρατμών και σχηματίστηκαν σύννεφα. Οι ατμοσφαιρικές κατακρημνίσεις στην επιφάνεια του Πλανήτη σχημάτισαν τους αρχέγονους ωκεανούς. Η ζωή πρωτοεμφανίστηκε στον ωκεανό (Orapin, 1952). Ο κώδικας για την αποκρυπτογράφηση του μυστηρίου της ζωής όπως και τα ίχνη της μακράς εξελικτικής της διαδρομής και ίσως οι προβλέψεις της μελλοντικής της πορείας, όλα βρίσκονται στην ιστορία των ωκεανών. Τα οργανικά συστατικά της αρχέγονης γήινης ατμόσφαιρας διαλυμένα στο νερό της βροχής συσσωρεύθηκαν σε ρηχά υδάτινα περιβάλλοντα. Εκεί έλαβαν μέρος σε πλήθος χημικών αντιδράσεων. Η συνένωση των δομικών λίθων της ζωής ήταν μια μακρά και ιδιαίτερα ευαίσθητη διαδικασία και ίσως απαιτήθηκαν αρκετά δισεκατομμύρια χρόνια για τη γένεση της πρώτης μορφής ζωής (Bernal, 1961).

Οι αρχέγονες θάλασσες είχαν τη μορφή ενός έντονα διαλυμένου ζωμού. Ο Charles Darwin το 1871 υποστήριξε την ιδέα ότι η αρχή της ζωής σημειώθηκε σε ρηχές λίμνες που θερμαίνονταν από ηφαίστεια ή από υδροθερμικές πηγές. Αντίστοιχα, πολλές θεωρίες έχουν διατυπωθεί για τον πιθανότερο μηχανισμό που επέτρεψε την αύξηση της συγκέντρωσης των δομικών αυτών λίθων της ζωής ώστε να μπορέσει να πρωτογεννηθεί ζωή. Ο Darwin υποστήριξε ότι σε ρηχές λεκάνες σημειώθηκε εξάτμιση του αρχικού φωτοβιολογικού ζωμού. Αντίθετα, Ο Bernal (1961) υποστήριξε ότι σημειώθηκαν μηχανισμοί προσρόφησης είτε σε φυσαλίδες που βρίσκονταν στην επιφάνεια της αρχέγονης θάλασσας είτε σε στερεά σωματίδια, και με τον τρόπο αυτό έγινε αύξηση της συγκέντρωσης.

Διάφορες πειραματικές προσπάθειες που έγιναν κατά καιρούς, προκειμένου να αναδημιουργηθούν οι συνθήκες εκείνες που επέτρεψαν την εμφάνιση της ζωής, μάλλον απέρριψαν τη μέχρι τότε πιθανότερη θεωρία ότι η ζωή πρωτοεμφανίστηκε σε θερμά, όξινα και αργιλώδη υδάτινα περιβάλλοντα. Σύγχρονες μελέτες προτείνουν ότι η ζωή γεννήθηκε πιθανότατα σε μικρές λίμνες «πόσιμου» νερού, με ουδέτερο pH, πιο ρηχές και λιγότερο θερμές από ό,τι είχε θεωρηθεί. Τα χαρακτηριστικά των λιμνών αυτών επιτρέπουν την ταχύτερη εξάτμιση νερού που ευνοεί τη συγκέντρωση οργανικού υλικού.

Στη Διεθνή Διάσκεψη που οργανώθηκε στη Βασιλική Εταιρεία της Εθνικής Ακαδημίας Επιστημών του Ηνωμένου Βασιλείου (Royal Society, The UK National Academy of Science), στις 13 Φεβρουαρίου 2006, μια ομάδα επιστημών με επικεφαλής τον βιοφυσικό David Deamer του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας (Santa Cruz) ανακοίνωσε τα αποτελέσματα επιστημονικής

προσπάθειας ελέγχου της υπόθεσης του Darwin για τη σύνθεση των πρώτων πολύπλοκων μορίων σε καυτά, όξινα και αργιλώδη νερά (ηφαιστειακές πηγές) εξετάζοντας τις ηφαιστειακές πηγές στην Kamchatka της Ανατολικής Ρωσίας και στο όρος Lassen της Καλιφόρνιας (Royal Society, 2006). Τα αποτελέσματα αυτά έδειξαν ότι οι ηφαιστειακές αυτές πηγές δεν αποτελούσαν το κατάλληλο περιβάλλον που θα επέτρεπε τη σύνθεση των μορίων αυτών. Δηλαδή, τα θερμά και όξινα νερά που περιέχουν άργιλο δεν αποτελούν ευνοϊκό μέσο για τη γένεση της ζωής. Στις ηφαιστειακές λίμνες στην περιοχή Kamchatka και στο όρος Lassen, δομικά στοιχεία της ζωής, όπως αμινοξέα, βάσεις του DNA και φωσφορικά άλατα, προσκολλώνται στην επιφάνεια μορίων αργίλου. Η προσκόλληση αυτή εμποδίζει την περαιτέρω συμμετοχή τους σε χημικές αντιδράσεις. Στη συνέχεια, η προσθήκη λιποσωμάτων στις ηφαιστειακές αυτές λίμνες δεν προχώρησε στη διαμόρφωση μεμβρανών που θεωρούνται απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό κυττάρων. Ο Deamer και η ομάδα του κατέληξαν ότι η ζωή δεν πρωτοεμφανίστηκε σε υδροθερμικά ανοίγματα ή ηφαιστειακές πηγές και πρότειναν ότι είναι πιθανό να έλαβε χώρα σε μια ζεστή μικρή λίμνη.

Στην ίδια Διάσκεψη (Royal Society, 13 Φεβρουαρίου 2006), συζητήθηκε επίσης το ερώτημα της προέλευσης των οργανικών μορίων, τα οποία στο κατάλληλο περιβάλλον γέννησαν τη ζωή. Στις πιθανές απαντήσεις συγκαταλέγεται η σχέση με διαστρική σκόνη και η πιθανότητα της μεταφοράς ακατέργαστων υλικών απαραίτητων για την ύπαρξη της ζωής από έναν κομήτη ή αστεροειδή.

Πιθανώς, οι χημικοί συνδυασμοί των βιοπολυμερών δημιούργησαν τα πρωτοκύτταρα. Στη συνέχεια, πριν από περίπου 3,6-3,8 δισεκατομμύρια χρόνια, τα πρωτοκύτταρα εξελίχθηκαν σε προκαρυωτικά βακτήρια. Τα αναερόβια αυτά κύτταρα αναπτύχθηκαν προφανώς κάτω από την επιφάνεια των ωκεανών, ώστε να προστατεύονται από την έντονη υπεριώδη ακτινοβολία που έφθανε στη Γη, και αποτέλεσαν τον πρόδρομο των μεταγενέστερων και πολυπλοκότερων μορφών ζωής.

Από τα πρωταρχικά βακτήρια και μέσω συσσώρευσης γενετικών μεταβολών (μεταλλάξεων) αναπτύχθηκαν πριν από 2,6 δισ.-700 εκατομμύρια χρόνια τα πρώτα ευκαρυωτικά κύτταρα (κύτταρα με συγκροτημένο πυρήνα-πυρηνική μεμβράνη).

Σημαντικό σταθμό στην εξελικτική πορεία θεωρείται ότι αποτέλεσε η εμφάνιση των αυτότροφων οργανισμών, οργανισμών δηλαδή που μπορούσαν

να δημιουργήσουν την τροφή τους μέσω της χημειοσύνθεσης. Στη συνέχεια, κάποια κύτταρα απέκτησαν τη χρωστική χλωροφύλλη που επέτρεψε την πραγματοποίηση του φωτοσυνθετικού μηχανισμού και δημιουργήθηκαν οι πρώτοι αντιπρόσωποι του φυτικού βασιλείου. Το περιβάλλον άρχισε να μεταβάλλεται με τους οργανισμούς με δυνατότητα φωτύνθεσης να δεσμεύουν διοξείδιο του άνθρακα και να παράγουν οξυγόνο.

Με την απελευθέρωση οξυγόνου δημιουργήθηκε ένα στρώμα όζοντος στην ατμόσφαιρα που αποτέλεσε προστατευτική ασπίδα από τη βλαβερή υπεριώδη ακτινοβολία. Έτσι, μορφές ζωής μπορούσαν να εγκαταλείψουν τη θάλασσα και να εγκατασταθούν στην ξηρά. Μέσα από αυτό τον θαυμαστό και αστείρευτο εξελικτικό μηχανισμό ήρθε το πλήρωμα του χρόνου για την εμφάνιση του ανθρώπινου είδους.

Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται τα σημαντικότερα γεγονότα στην ιστορία του πλανήτη Γη.

Πίνακας 1.1: Τα σημαντικότερα γεγονότα στην ιστορία της Γης.

Γεγονός	Χρονική Περίοδος
Δημιουργία του Σύμπαντος	13-15 δισεκατομμύρια χρόνια
Δημιουργία της Γης	4-6 δισεκατομμύρια χρόνια
Τα πρώτα διατηρημένα πετρώματα	4 δισεκατομμύρια χρόνια
Η πρώτη γνωστή εμφάνιση της ζωής	3,6 δισεκατομμύρια χρόνια
Ελεύθερο ατμοσφαιρικό οξυγόνο	2 δισεκατομμύρια χρόνια
Άφθονα απολιθώματα με σκληρό κέλυφος	580 εκατομμύρια χρόνια
Πρώτα χερσαία φυτά	430 εκατομμύρια χρόνια
Πρώτα χερσαία ζώα	370 εκατομμύρια χρόνια
Εμφάνιση δεινοσαύρων	240 εκατομμύρια χρόνια
Εξαφάνιση δεινοσαύρων	65 εκατομμύρια χρόνια
Ο πρώτος άνθρωπος	2-5 εκατομμύρια χρόνια

Παρόλο τον όγκο της ερευνητικής προσπάθειας και των θεωριών που έχουν διατυπωθεί μέχρι σήμερα για την πλήρη διαλεύκανση του μυστηρίου της ζωής, οι μελέτες συνεχίζονται και πολλές ομάδες ερευνητών ασχολούνται επισταμένως με το θέμα αυτό, για να αποσαφηνισθούν τόσο η προέλευση των απαραίτητων συστατικών όσο και οι συνθήκες που γέννησαν τη ζωή (Anand et al., 2006· Cockell, 2006).

1.6 Κατανομή Υδάτων

Από τη συνολική ποσότητα των υδάτινων αποθεμάτων του πλανήτη Γη μόνο το 2,8% χαρακτηρίζεται ως γλυκό νερό, το υπόλοιπο 97,2% είναι αλμυρό νερό. Το σύνολο του γλυκού νερού απαντάται σε στερεά μορφή στις χερσαίες επικαλύψεις με πάγο και στους παγετώνες (αντιστοιχώντας στο 2,15% της συνολικής ποσότητας υδάτινων αποθεμάτων), σε υπόγεια νερά και υγρασία του χώματος (0,62%), σε ποτάμια και λίμνες (0,02%) και τέλος στα σύννεφα με τη μορφή υδρατμών (0,01%). Το θαλάσσιο νερό είναι ένα διάλυμα 60 περίπου διαφορετικών χημικών στοιχείων.

Από τους πλανήτες του Ηλιακού μας Συστήματος, η Γη είναι ο μόνος πλανήτης στην επιφάνεια του οποίου κυριαρχεί το υγρό στοιχείο. Οι ωκεανοί της Γης (Barton, 1975· Carson et al., 2003) καλύπτουν το 71% (περίπου δηλαδή τα 2/3) της επιφάνειας του πλανήτη.

Οι ωκεανοί καλύπτουν έκταση 362 εκατομμυρίων τετραγωνικών χιλιομέτρων, άνισα κατανεμημένη στα δύο ημισφαίρια. Το Βόρειο Ημισφαίριο καλύπτεται από 39,3% ξηρά και 60,7% θάλασσα ενώ το Νότιο Ημισφαίριο καλύπτεται από 19,1% ξηρά και 80,9% θάλασσα. Η βαθύτερη περιοχή των ωκεανών έχει εντοπισθεί στην Τάφρο Μαριάνες, κοντά στη Guan, με βάθος 11.022 m (36.161 πόδια) κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Για λόγους σύγκρισης αναφέρεται ότι, το υψηλότερο όρος του κόσμου, το Έβερεστ, που ανήκει στην οροσειρά των Ιμαλαΐων στην Ασία, έχει ύψος 8.850m (29.135 πόδια).

Συχνά, οι όροι θάλασσα και ωκεανός χρησιμοποιούνται ο ένας αντί του άλλου. Ο όρος όμως θάλασσα, για τεχνικούς κυρίως λόγους, θα μπορούσε να ορισθεί ως σώμα νερού

- μεγάλης αλατότητας,
- μικρότερης έκτασης και βάθους από τον ωκεανό,
- περιβαλλόμενο από ξηρά ή προσδιοριζόμενο από τη σαφή ύπαρξη κάποιου ισχυρού ωκεάνιου ρεύματος (όπως συμβαίνει στην περιοχή της θάλασσας των Σαργασσών στον Ατλαντικό),
- βρισκόμενο σε άμεση επικοινωνία με τον Παγκόσμιο Ωκεανό.

Οι ωκεανοί της Γης συνδέονται μεταξύ τους δημιουργώντας ένα σώμα θαλάσσιου νερού, δηλαδή ένα σκάφος θα μπορούσε από τον ένα ωκεανό να περάσει στον επόμενο. Συνεπώς, λόγω της «συνέχειας» αυτής, αντί για

Ξεχωριστούς ωκεανούς θα μπορούσε να γίνεται αναφορά συνολικά στον Παγκόσμιο Ωκεανό. Όμως, έχει επικρατήσει, με κριτήρια το σχήμα της κάθε θαλάσσιας λεκάνης και τη θέση που καταλαμβάνει, να γίνεται διαφοροποίηση σε τέσσερις κύριους ωκεανούς (Monahan and Leier, 2001) και έναν επιπλέον.

1.6.1 Ο Ειρηνικός Ωκεανός

Ο μεγαλύτερος ωκεανός είναι ο Ειρηνικός Ωκεανός με έκταση 181.344 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, όγκο 714.410 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα και μέσο βάθος 3.940 μέτρα (12.927 πόδια). Καλύπτει έκταση μεγαλύτερη από το μισό του Παγκόσμιου Ωκεανού αντιστοιχώντας σε ποσοστό 50,1%. Ενδεικτικό του μεγέθους της έκτασης που καταλαμβάνει ο Ειρηνικός Ωκεανός είναι ότι θα μπορούσε να χωρέσει όλες τις ηπείρους της Γης χωρίς να καλυφθεί όλη η επιφάνειά του. Έχει σχεδόν κυκλικό τμήμα και στην περιμέτρο του υπάρχουν πολυάριθμες βαθιές τάφροι και πολλά, μικρά, τροπικά νησιά. Ουσιαστικά, η πλειοψηφία των ωκεάνιων τάφρων εντοπίζεται στο περιθώριο του Ειρηνικού Ωκεανού και οφείλεται στην καταβύθιση των λιθοσφαιρικών πλακών. Επίσης, οι περισσότερες από τις ισχυρότερες σεισμικές δονήσεις και τα περισσότερα από τα ενεργά ηφαίστεια εντοπίζονται στην περιμέτρο του Ειρηνικού Ωκεανού. Για το λόγο αυτό, η περιοχή ονομάζεται ο Δακτύλιος της Φωτιάς του Ειρηνικού Ωκεανού (The Pacific Ring of Fire). Ο Ειρηνικός Ωκεανός οφείλει την ονομασία του στην ομάδα του εξερευνητή Φερδινάνδου Μαγγελάνου, ο οποίος καθώς τον διέσχισε το 1520 μ.Χ. αντιμετώπισε πολύ καλές καιρικές συνθήκες (Ειρηνικός Ωκεανός = Pacific Ocean, paci = peace = ειρήνη).

1.6.2 Ο Ατλαντικός Ωκεανός

Ο Ατλαντικός Ωκεανός έχει μέγεθος περίπου το μισό του Ειρηνικού και είναι πιο ρηχός. Έχει έκταση 94.314 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα, όγκο 337.210 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα και μέσο βάθος 3.844 μέτρα (12.612 πόδια), ενώ χαρακτηρίζεται ως σχετικά στενός ωκεανός. Αντιστοιχεί στο 26% του συνόλου των ωκεανών και χωρίζει τον Παλαιό Κόσμο (αποτελούμενο από Ευρώπη, Ασία και Αφρική) από τον Νέο Κόσμο (δηλαδή, Βόρεια και Νότια Αμερική). Εάν θα μπορούσαμε να φανταστούμε σε μια

υποθετική κατάσταση να απομακρύνεται το νερό του Ατλαντικού Ωκεανού και να πλησιάζουν τα τμήματα ξηράς που τον περιβάλλουν (δηλαδή η Αφρική, η Νότια Αμερική, η Ευρώπη και η Βόρεια Αμερική) θα παρατηρούσαμε μια ικανοποιητική μορφή συμμετρίας και μια εφαρμογή που θα μπορούσε να παρομοιασθεί με εκείνη των κομματιών ενός παζλ. Η συμμετρία αυτή σχετίζεται άμεσα με τη θεώρηση της διεύρυνσης του ωκεάνιου πυθμένα, δηλαδή της υπόθεσης ότι σε προηγούμενες γεωλογικές περιόδους τα τμήματα αυτά της ξηράς ήταν ενωμένα και σε νεότερους γεωλογικά χρόνους απομακρύνθηκαν δημιουργώντας θαλάσσιες λεκάνες. Ο Ατλαντικός Ωκεανός οφείλει την ονομασία του στον Άτλαντα, που σύμφωνα με την Ελληνική Μυθολογία ήταν ένας από τους Τιτάνες. Αρκετές μεγάλες αλλά ρηχές θάλασσες βρίσκονται κοντά και ουσιαστικά αποτελούν μέρος του Ατλαντικού Ωκεανού. Στις θάλασσες αυτές συμπεριλαμβάνονται η Μεσόγειος Θάλασσα, η Βαλτική Θάλασσα, η Καραϊβική Θάλασσα και ο Κόλπος του Μεξικού.

1.6.3 Ο Ινδικός Ωκεανός

Ο Ινδικός Ωκεανός είναι μικρότερος του Ατλαντικού. Έχει έκταση 74.118 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα αντιστοιχώντας στο 20,5% του συνόλου των ωκεανών με όγκο 284.608 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα και μέσο βάθος 3.840 μέτρα (12.598 πόδια). Έχει σχεδόν τριγωνικό σχήμα και βρίσκεται γεωγραφικά κυρίως νότια του Ισημερινού. Οφείλει την ονομασία του στη γειτονία του με τις Ινδίες.

1.6.4 Ο Αρκτικός Ωκεανός

Ο Αρκτικός Ωκεανός αντιστοιχεί περίπου στο 7% του μεγέθους του Ειρηνικού Ωκεανού και είναι σημαντικά πιο ρηχός από τους υπόλοιπους ωκεανούς. Ειδικότερα, έχει έκταση 12.257 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα αντιστοιχώντας στο 3,4% του συνόλου των ωκεανών. Έχει όγκο 13.702 εκατομμύρια κυβικά χιλιόμετρα και μέσο βάθος 1.117 μέτρα (3.665 πόδια). Διαθέτει ένα κάπως κυκλικό σχήμα και καλύπτεται συνεχώς από στρώμα πάγου πάχους λίγων μέτρων. Ορισμένοι επιστήμονες εκτιμούν ότι ο Αρκτικός Ωκεανός δεν πρέπει να θεωρείται ως ξεχωριστός Ωκεανός, αλλά πρέπει μάλλον να θεωρείται ως θάλασσα που ανήκει στον Ατλαντικό Ωκεανό

από τον οποίο έχει διαχωριστεί με χερσαία τμήματα. Ο Αρκτικός Ωκεανός οφείλει την ονομασία του στη γειτονία του με την αρκτική περιοχή.

1.6.5 Ο Ανταρκτικός ή Νότιος Ωκεανός

Οι ωκεανογράφοι θεωρούν ότι υπάρχει ένας ακόμη ωκεανός κοντά στην Ανταρκτική ήπειρο, στο Νότιο Ημισφαίριο. Ο ωκεανός αυτός στην πραγματικότητα αντιστοιχεί στα τμήματα των ωκεανών Ειρηνικού, Ατλαντικού και Ινδικού που βρίσκονται νοτιότερα του 50ού Νοτίου. Οφείλει την ονομασία του στη θέση του στο Νότιο Ημισφαίριο.

1.7 Υδρολογικός Κύκλος

Το νερό της Γης κυκλοφορεί διαρκώς και η ανακύκλωσή του συνεχίζεται τα τελευταία 3 δισεκατομμύρια χρόνια. Ο σύνθετος αυτός μηχανισμός αποτελεί τον υδρολογικό κύκλο. Το πρώτο στάδιό του είναι η εξάτμιση. Καθημερινά, ποσότητες νερού από τους ωκεανούς και τα επιφανειακά νερά της ξηράς (ποτάμια, λίμνες, κ.λπ.) εξατμίζονται με τη βοήθεια της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα σταγονίδια του νερού δημιουργούν τα σύννεφα. Στη συνέχεια, με όλες τις μορφές των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων (όπως, η δρόσος, η βροχή, το χαλάζι, το χιόνι), οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί καταλήγουν άμεσα είτε στη θάλασσα είτε στην ξηρά. Επειδή, τα 2/3 της επιφάνειας της Γης καλύπτονται από θάλασσες, μεγαλύτερες πιθανότητες έχουν οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί να καταλήξουν στη θάλασσα. Από την ποσότητα των υδρατμών που καταλήγει στην ξηρά, ένα τμήμα μέσω ποταμών, ρυακιών ή του μηχανισμού απόπλυσης των εδαφών καταλήγει στη θάλασσα, ενώ ένα άλλο απορροφάται σχηματίζοντας αποθέματα υπόγειων νερών που και αυτά αργά ή γρήγορα καταλήγουν στη θάλασσα. Ο όλος μηχανισμός ξεκινά πάλι από την αρχή.

Στον Πίνακα 1.2 παρουσιάζονται οι ποσότητες των υδάτινων μαζών που σε ετήσια βάση διακινούνται μεταξύ των φυσικών ταμιευτήρων με θεμελιώδεις διεργασίες της φύσης.

Πίνακας 1.2: Ετήσιες διακινούμενες ποσότητες νερού μεταξύ φυσικών ταμειυτήρων.

Μεταφορά	Διεργασία	Ποσότητες νερού σε κυβικά χιλιόμετρα ανά έτος
Από τον ωκεανό στην ατμόσφαιρα	εξάτμιση	320.000
Από την ατμόσφαιρα στον ωκεανό	κατακρήμνιση	284.000
Από την ατμόσφαιρα στην ξηρά	κατακρήμνιση	96.000
Από την ξηρά στην ατμόσφαιρα	εξάτμιση	60.000
Από την ξηρά στον ωκεανό	απόχυση	36.000

1.8 Παγόβουνα

Τα παγόβουνα⁶ είναι κομμάτια πάγου που επιπλέουν στη θάλασσα. Κάθε παγόβουνο καθορίζεται από την εποχή της δημιουργίας του και ξεκινώντας το μακρύ του ταξίδι στον ωκεανό έχει προκαθορισμένο μέγεθος και σχήμα, άρα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι δεν μπορούν να υπάρξουν δύο παγόβουνα ακριβώς όμοια. Τα παγόβουνα δημιουργούνται από παγετώνες, όταν μεγάλα τμήματά τους αποκόπτονται και δημιουργούν χιονοστιβάδες. Αντίθετα με τους παγετώνες που έχουν χρόνο ζωής της τάξης των χιλιάδων ετών, τα παγόβουνα δεν διατηρούνται πολλά χρόνια ενώ η ηλικία του πάγου από τον οποίο προέρχονται μπορεί να ξεπερνά τα 15.000 χρόνια.

Τα παγόβουνα ποικίλλουν σε μέγεθος και το σχήμα τους είναι τυπικά ακανόνιστο με κορυφές. Γενικά, τα παγόβουνα μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο ομάδες με κριτήριο το σχήμα τους. Πρόκειται για τα παγόβουνα με σχήμα τραπέζιο και εκείνα με διαφορετικό σχήμα. Τα παγόβουνα με σχήμα τραπέζιο χαρακτηρίζονται από απότομες πλευρές και επίπεδη επιφάνεια. Πρόκειται ουσιαστικά για ένα μεγάλο και επίπεδο κομμάτι πάγου. Η αναλογία του μήκους προς το ύψος είναι μικρότερη από 5:1.

Τα παγόβουνα που δεν διαθέτουν τραπέζιο σχήμα έχουν υποστεί διάβρωση στην αρχικά επίπεδη επιφάνειά τους. Έχουν:

6. Η αγγλική ονομασία iceberg προέρχεται από την ολλανδική λέξη ijsberg ή τη γερμανική eisberg που σημαίνουν παγόβουνο.

- α) τη μορφή θόλου,
- β) διαθέτουν μία ή περισσότερες σπείρες,
- γ) χαρακτηρίζονται από μια απότομη κάθετη πλευρά με την απέναντι πλευρά να κατηφορίζει,
- δ) η διάβρωση έχει οδηγήσει σε σχήμα U ή έχει δημιουργήσει ένα κανάλι στην επιφάνεια της θάλασσας ή κοντά σ' αυτή με δύο κολόνες εκατέρωθεν.

Περίπου τα 7/8 (δηλαδή σχεδόν το 90%) της ολικής μάζας κάθε παγόβουνου βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Έτσι, η κίνηση ενός παγόβουνου είναι δυνατόν να είναι αντίθετη της κίνησης ισχυρών ανέμων μια που το 90% της μάζας των παγόβουνων κινείται λόγω της ύπαρξης ωκεάνιων ρευμάτων. Συνολικά λοιπόν, η κίνηση ενός παγόβουνου επηρεάζεται σε πιο μεγάλο βαθμό από τα ωκεάνια ρεύματα παρά από την αιολική δράση. Τα παγόβουνα μεταφέρονται με ταχύτητα περίπου 0,4 mph (0,7 km/h). Η ταχύτητα κίνησής τους εξαρτάται από το μέγεθος και το σχήμα τους, τα ωκεάνια ρεύματα, τα κύματα και την ισχύ των ανέμων.

Σχετικά με το χρώμα, τα παγόβουνα συνήθως είναι λευκά λόγω της ύπαρξης φυσαλίδων αέρα μέσα στον πάγο. Οι φυσαλίδες του αέρα αντανακλούν όλα τα μήκη κύματος με αποτέλεσμα το χρώμα που προκύπτει να είναι το λευκό, που αντιστοιχεί στο συνδυασμό όλων των χρωμάτων. Όταν δεν υπάρχουν φυσαλίδες, τότε το παγόβουνο εμφανίζει μπλε απόχρωση, λόγω του ότι καθώς το λευκό φως πέφτει πάνω στην επιφάνεια του πάγου μεγαλύτερη απορρόφηση σημειώνεται στα μήκη κύματος που αντιστοιχούν στο κόκκινο φως από ό,τι στο μπλε, χαρίζοντας τη μπλε απόχρωση στο παγόβουνο. Συνήθως η μπλε χροιά αντιστοιχεί σε ηλικιακά «γηραιούς» πάγους, ενώ η «πράσινη» χροιά των πάγων με φύκια αντιστοιχεί σε νεότερες ηλικίες.

Τα περισσότερα παγόβουνα του Βόρειου Ημισφαιρίου παράγονται από τους παγετώνες των δυτικών ακτών της Γροιλανδίας. Τα παγόβουνα του Αρκτικού Ωκεανού συνήθως έχουν 1 – >75 m ύψος πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα παγόβουνα στις ακτές της Newfoundland και του Labrador έχουν εσωτερική θερμοκρασία –15 έως –20°C. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι το 1882 κοντά στο νησί Baffin παρατηρήθηκε παγόβουνο μήκους 13 km, πλάτους 6 km, με 20 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας ενώ η μάζα του ήταν 9 δισεκατομμύρια τόνοι. Το παγόβουνο B15 προήλθε το 2000 από το Ross Ice Shelf, έχοντας αρχική έκταση 11.000 km², ενώ στη συνέχεια έσπασε σε κομμάτια τον Νοέμβριο του 2002. Το μεγαλύτερο από τα θραύσματα ήταν

το παγόβουνο B15A με έκταση 3.000 km², που με τη σειρά του έσπασε σε διάφορα κομμάτια τον Οκτώβριο του 2005.

Ποσοστό της τάξης του 93% του συνόλου των παγόβουνων που συναντώνται στους ωκεανούς εντοπίζονται γύρω από την Ανταρκτική. Η Ανταρκτική και η Γροιλανδία αντιστοιχούν σε ποσοστό μεγαλύτερο του 98% της παγκόσμιας μάζας του πάγου.

Όπως έχει πολλές φορές παρατηρηθεί, όταν τα παγόβουνα παρασυρθούν σε ναυτικούς δρόμους εγκυμονούν σοβαρούς κινδύνους για τους ναυτιλλομένους με αποτέλεσμα να θεωρούνται ιδιαίτερα επικίνδυνα για τη ναυσιπλοΐα. Το πιο γνωστό ναυάγιο από σύγκρουση με παγόβουνο ήταν η βύθιση του Τιτανικού («RMS TITANIC») στις 14 Απριλίου του 1912, προκαλώντας το θάνατο περισσότερων των 1500 ατόμων επί συνόλου 2223 επιβαινόντων.

Ο πρώτος που προσπάθησε να ερμηνεύσει το σχηματισμό ενός παγόβουνου ήταν ο Mikhail Lomonosov. Στη συνέχεια, τον 20ό αιώνα δημιουργήθηκαν αρκετοί επιστημονικοί οργανισμοί προκειμένου να καταγράψουν, να μελετήσουν και να ελέγξουν συστηματικά τα παγόβουνα. Πρώτος ήταν ο The International Ice Patrol, που ιδρύθηκε το 1914 από τον Διεθνή Οργανισμό για την Ασφάλεια της Ζωής στη Θάλασσα (Safety Of Life At Sea) και αφορούσε σε ένα σύστημα παρατήρησης των παγόβουνων μετά το ναυάγιο του Τιτανικού. Στόχος της προσπάθειας αυτής ήταν η συλλογή μετεωρολογικών και ωκεανογραφικών δεδομένων για τη μελέτη των ωκεάνιων ρευμάτων, της θερμοκρασίας, της αλατότητας και της κίνησης του πάγου. Τα πρώτα στοιχεία δημοσιεύθηκαν το 1921 και έδωσαν τη δυνατότητα της ετήσιας σύγκρισης των κινήσεων των παγόβουνων, ώστε να δημιουργηθεί η κατάλληλη βάση δεδομένων που θα επέτρεπε την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων και τη διατύπωση σχετικών προβλέψεων.

Είναι προφανές ότι λόγω του ότι οι περιοχές εντοπισμού των παγόβουνων χαρακτηρίζονται ως απομακρυσμένες, η άμεση παρακολούθησή τους είναι ιδιαίτερα δύσκολη και δαπανηρή. Τα διάφορα τεχνολογικά επιτεύγματα έχουν όμως βοηθήσει πολύ προς την κατεύθυνση μελέτης των παγόβουνων. Τη δεκαετία του 1930, σημειώθηκε η πρώτη εναέρια παρακολούθηση των ωκεάνιων συνθηκών που οδήγησε στη δημιουργία κατάλληλων συστημάτων χαρτών για την ακριβή και λεπτομερή καταγραφή των ωκεάνιων ρευμάτων και της κίνησης των παγόβουνων. Περίπου το 1955, εγκαταστάθηκαν πολλά πλωτά ωκεανογραφικά συστήματα συλλογής και καταγραφής στοιχείων. Για πρώτη φορά το 1964 εγκαθίσταται υπολογιστής πάνω σε ωκεανογρα-

φικό πλοίο για την ταχύτερη εκμετάλλευση των δεδομένων που είχαν συλλεγεί προκειμένου να εξαχθούν γρηγορότερα χρήσιμα συμπεράσματα. Τη δεκαετία του 1970, τα παγοθραυστικά διαθέτουν τη δυνατότητα της αυτόματης μετάδοσης δορυφορικών δεδομένων που σχετίζονται με τον πάγο της Ανταρκτικής. Τη δεκαετία του 1980 τοποθετούνται πλωτήρες με ωκεανογραφικούς ανιχνευτές για ωκεανογραφική και κλιματική έρευνα. Έπειτα αρχίζει η χρήση διαφόρων τύπων ραντάρ. Η Επιτροπή Διαστήματος του Καναδά δημιουργεί το RADARSAT-1, που χρησιμοποιεί το μηχανισμό εκπομπής ενέργειας μικροκυμάτων στην ωκεάνια επιφάνεια και καταγραφής της παραγόμενης ανάκλασης. Το δορυφορικό αυτό σύστημα μπαίνει σε τροχιά στις 4 Νοεμβρίου του 1995 και παρέχει εικόνες της Γης. Σε παγκόσμια κλίμακα, τα παγόβουνα ελέγχονται από το Εθνικό Κέντρο Πάγου των Ηνωμένων Πολιτειών (U.S. National Ice Centre) που ιδρύθηκε το 1995 με σκοπό τη μελέτη, τη δημιουργία προβλέψεων και προγνωστικών για τις συνθήκες πάγου στις περιοχές της Αρκτικής, της Ανταρκτικής, στον κόλπο Chesapeake και στις Μεγάλες Λίμνες. Επειδή οι περιοχές αυτές είναι απομακρυσμένες, η μελέτη και η παραγωγή αναλύσεων και προβλέψεων στηρίζεται στο μεγαλύτερο βαθμό (>95%) σε δεδομένα που καταγράφονται από κατάλληλα δορυφορικά συστήματα. Επίσης, το Εθνικό Κέντρο Πάγου των Ηνωμένων Πολιτειών είναι αυτό που ευθύνεται για την ονοματοδοσία των παγόβουνων της Ανταρκτικής. Η Ευρωπαϊκή Επιτροπή Διαστήματος βάζει σε τροχιά την 1 Μαρτίου 2002 τον ENVISAT, έναν περιβαλλοντικό δορυφόρο, ο οποίος χρησιμοποιεί ραντάρ προηγμένης τεχνολογίας που αναγνωρίζει αλλαγές στα ύψη της επιφάνειας με μεγάλο βαθμό ακρίβειας. Έπειτα, τον Δεκέμβριο του 2006, ακολουθεί η Καναδική Επιτροπή Διαστήματος με το RADARSAT-2.

1.9 Βασικά Ωκεανογραφικά Εξαρτήματα για την Εργασία Υπαίθρου

1.9.1 Ωκεανογραφικά πηλοία

Η ωκεανογραφία απαιτεί εργασία πεδίου και για το σκοπό αυτό ο ωκεανογράφος έχει απόλυτη ανάγκη ενός ωκεανογραφικού πλοίου που θα τον μεταφέρει με ασφάλεια στη θαλάσσια περιοχή που επιθυμεί να μελετήσει

και το οποίο θα διαθέτει κατάλληλα εξοπλισμένους εργαστηριακούς χώρους, όπου θα κατεργαστεί τα δείγματα που θα συλλέξει και θα εκτελέσει σειρά πειραμάτων.

Μεγάλη σημασία έχει το μέγεθος του ωκεανογραφικού πλωτού μέσου, μια που ένα μικρό πλοίο δεν θα διαθέτει την απαραίτητη σταθερότητα για τη διεξαγωγή μετρήσεων και δεν θα έχει τη δυνατότητα να μεταφέρει εξοπλισμό μεγάλου βάρους, ενώ ένα αδικαιολόγητα μεγάλο πλοίο θα αντιστοιχεί σε μεγάλο κόστος τόσο κατασκευής όσο και λειτουργίας και συντήρησης, που πολλές φορές μπορεί να κρίνεται έως και απαγορευτικό.

Πολλά ωκεανογραφικά σκάφη προέρχονται από τη μετασκευή πλοίων άλλων χρήσεων σε πλοία έρευνας. Η σύγχρονη ωκεανογραφική έρευνα απαιτεί σκάφη που έχουν τη δυνατότητα να ικανοποιήσουν πολυάριθμους διαφορετικούς σκοπούς, να διαθέτουν διάφορα είδη τεχνολογικού εξοπλισμού, ενώ πλέον πολύ συχνά διαθέτουν ρομπότ, βαθυσκάφη, πλωτήρες συλλογής δεδομένων, γεωτρύπανα, κ.λπ. Παράμετροι, όπως το κόστος (αρχικό κόστος κατασκευής, κόστος λειτουργίας και κόστος συντήρησης), η ικανότητα ελιγμού σε στάση ή έστω με μικρή ταχύτητα, η ευστάθεια σε δύσκολες καιρικές καταστάσεις, η ύπαρξη εργαστηριακών χώρων, ο κατάλληλος ηλεκτρονικός εξοπλισμός για τη συλλογή ωκεανογραφικών δεδομένων που δεν θα επεμβαίνει σ' εκείνον της πλοήγησης, η ικανότητα μεταφοράς οργάνων σε μεγάλα βάθη, ο επαρκής χώρος τόσο για τη μεταφορά οργάνων μεγάλου όγκου όσο και για την παροδική εγκατάσταση αυτόνομων οργανωμένων εργαστηρίων (με τη μορφή containers), η δυνατότητα συνεχούς πολυήμερης παραμονής στη θάλασσα, η παροχή συνθηκών άνετης ή έστω υποφερτής ζωής σε επιστημονικό προσωπικό και πλήρωμα, καθώς επίσης και η δυνατότητα προσθήκης νέου εξοπλισμού και τεχνολογιών λαμβάνονται υπόψη στον σύγχρονο ναυπηγικό σχεδιασμό.

Οι μεγάλες χρονικού διαστήματος θαλάσσιες αποστολές της εποχής του Challenger έδωσαν τη θέση τους σε βραχύτερες αποστολές με ομάδες που εναλλάσσονται. Σημαντική παράμετρος μείωσης του χρόνου των αποστολών ήταν και η δημιουργία αυτόματων οργάνων. Τα όργανα αυτά τοποθετούνται σε ειδικές πλατφόρμες, είτε σταθερού σημείου είτε επιπλέουσες, και πρόσφατα σε πλωτούς μετρητικούς σταθμούς. Με τον τρόπο αυτό πραγματοποιείται αυτόματη καταγραφή ωκεανογραφικών παραμέτρων με κατάλληλους εγκατεστημένους ανιχνευτές. Τα όργανα αυτά μεταφέρονται από μικρότερα και συνεπώς χαμηλότερου κόστους πλοία από ό,τι εκείνα που θα

απαιτούσε η διαδικασία μέτρησης των ίδιων παραμέτρων κατά τη διάρκεια μιας αποστολής. Στη συνέχεια, τα δεδομένα με τηλεπικοινωνιακό σύστημα ή δορυφορικά μεταδίδονται στο επιχειρησιακό κέντρο της ξηράς.

Τα ωκεανογραφικά πλοία μπορούν είτε να είναι γενικού πεδίου είτε να καλύπτουν συγκεκριμένο πεδίο ερεύνης, να είναι πλοία έρευνας παράκτιων περιοχών, ανοικτής θάλασσας ή ακόμη παγοθραυστικά.

Ο παγκόσμιος ερευνητικός στόλος αποτελείται από 856 πλοία.

Ο ελληνικός ωκεανογραφικός στόλος αποτελείται από τα πλοία:

- «ΑΙΓΑΙΟ» ιδιοκτησίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), το οποίο με τον σύγχρονο εξοπλισμό, την υποδομή και τα επιστημονικά εργαστήρια που διαθέτει μπορεί να αντεπεξέλθει ικανοποιητικά στις απαιτήσεις κάθε είδους ωκεανογραφικής και αλιευτικής έρευνας. Ναυπηγήθηκε στα Ελληνικά Ναυπηγεία Χαλκίδας το 1985 και μετασκευάστηκε το 1997. Έχει μήκος 61,51 m, πλάτος 9,60 m και βύθισμα 2,9 m. Το τονάζ του είναι 778 τόνοι (GRT), έχει αυτονομία (δηλαδή, μέγιστη χρονική διάρκεια παραμονής στη θάλασσα) 20 ημερών, ενώ η υπηρεσιακή του ταχύτητα είναι 12 ναυτικά μίλια την ώρα. Διαθέτει Π πλαίσιο πρύμνης και Π πλαίσιο πλευρικό, γερανούς και βίντσι. Έχει μόνιμα και κινητά εργαστήρια, ηλεκτρονικούς υπολογιστές και καταψύκτες. Διαθέτει 2 MULTIBEAM sonars, Side Scan Sonar, σύστημα σεισμικής ανάλυσης τύπου Air-gun και sparker system, ρευματογράφους. Έχει ροζέτα δειγματοληπτών νερού, διάφορους άλλους δειγματολήπτες νερού, δειγματολήπτες πλαγκτόν, διάφορα CTD, ιζηματοπαγίδες, βενθικούς δειγματολήπτες για πανίδα και ιζήματα. Είναι εφοδιασμένο με το στελεχωμένο με ανθρώπινο δυναμικό βαθυσκάφος «ΘΕΤΙΣ» και το υποβρύχιο τηλεκατευθυνόμενο όχημα «SUPER ACHILE ROV». Έχει 22 μέλη πληρώματος ενώ το επιστημονικό-τεχνικό πλήρωμα φθάνει τα 21 άτομα.
- «ΦΙΛΙΑ» ιδιοκτησίας του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών, με μεγαλύτερο πλεονέκτημα την ευελιξία του. Ναυπηγήθηκε στον Πειραιά το 1985 και μετασκευάστηκε το 1997. Έχει μήκος 26,10 m, πλάτος 7,25 m και βύθισμα 2,6 m. Το μικρό μέγεθος και βύθισμά του, επιτρέπουν στο πλοίο να εργάζεται τόσο στην ανοικτή θάλασσα όσο και στα αβαθή παράκτια νερά. Το τονάζ του είναι 45,70 M/T (DWT) και 143 τόνοι (GRT). Η υπηρεσιακή του ταχύτητα είναι 10 ναυτικά μίλια την ώρα. Διαθέτει γερανούς, βίντσι, καταψύκτες και εργαστήρια. Έχει ηχοβολιστικά sonars (split beam, single beam και dual beam), side scan sonar, υποβρύ-

χιες κάμερες, υποβρύχιο έλκηθρο, CTD και ρευματογράφους. Διαθέτει δειγματολήπτες νερού και πλαγκτόν, ιζηματοπαγίδες, διάφορους βενθικούς δειγματολήπτες και δράγες, πελαγικές και βενθικές τράτες. Είναι εφοδιασμένο με τα υποβρύχια τηλεκατευθυνόμενα οχήματα «Benthos Mini Rover» και «DSSI Max Rover Mk II». Έχει 4-7 μέλη πληρώματος ενώ το επιστημονικό-τεχνικό προσωπικό φθάνει τα 6 άτομα.

- «Υ/Γ ΝΑΥΤΙΛΟΣ» ιδιοκτησίας της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού. Ναυπηγήθηκε το 1976. Έχει εκτόπισμα 1.400 τόνους, το μήκος του είναι 63 m και το πλάτος του 11,6 m και αναπτύσσει ταχύτητα 11-13 ναυτικά μίλια την ώρα. Ο εξοπλισμός του περιλαμβάνει: ηχοβολιστικό πολλαπλής δέσμης (Multibeam) Simrad EM 1002, ATLAS DESO 20-25, MICROFIX, DGPS Seatex Sea Path 200, NEPTUNE, HYPACK 8.9 MAX HYDROGRAPHIC SOFTWARE, ΩΚ βαρούλκο, βαρούλκο CSTD, φιάλες NANSEN, CSTD SBE 911 και SEBE 19, Sub Bottom Profiler και πλευρικό ηχοβολιστικό Geoacoustics, δειγματολήπτες, πυρηνολήπτες, ρευματογράφους AANDERA, κυματογράφους, απελευθερωτές BENTHOS, σταθμό λήψης δορυφορικών εικόνων.
- «Υ/Γ ΠΥΘΕΑΣ» ιδιοκτησίας της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού. Ναυπηγήθηκε το 1983. Έχει εκτόπισμα 750 τόνους, το μήκος του είναι 50 m, το πλάτος του 9,6 m και αναπτύσσει ταχύτητα 10-13 ναυτικά μίλια την ώρα. Ο εξοπλισμός του περιλαμβάνει: LAZ ELAC 721, LRK/GPS/EGNOS (AQUARIUS 5002), MICROFIX, SIDE SCAN SONAR (KLEIN 595) με ρυμουλκούμενη μονάδα (tow fish), HYPACK 8.9, MAX HYDROGRAPHIC SOFTWARE, ΩΚ βαρούλκο, βαρούλκο CSTD, φιάλες NANSEN, CSTD SBE 911, και SBE 19, Sub Bottom Profiler και πλευρικό ηχοβολιστικό Geoacoustics, δειγματολήπτες, πυρηνολήπτες, ρευματογράφους AANDERA, κυματογράφους, απελευθερωτές BENTHOS, σταθμό λήψης δορυφορικών εικόνων.
- «Υ/Γ ΣΤΡΑΒΩΝ» ιδιοκτησίας της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού. Ναυπηγήθηκε το 1989. Έχει εκτόπισμα 250 τόνους, το μήκος του είναι 33 m, το πλάτος του 6,1 m και αναπτύσσει ταχύτητα 9,5-12,5 ναυτικά μίλια την ώρα. Ο εξοπλισμός του περιλαμβάνει ηχοβολιστικό απλής δέσμης (single beam) E-Sea Sound 206 (Marimatech), LRK/GPS/EGNOS (AQUARIUS 5002) LAZ ELAC 721, MICROFIX, HYPACK 8.9, MAX Hydrographic Software.

- «ΑΚΑΤΟΣ 14» ιδιοκτησία της Υδρογραφικής Υπηρεσίας του Πολεμικού Ναυτικού. Ναυπηγήθηκε το 1989. Έχει εκτόπισμα 8 τόνους, το μήκος του είναι 14 m και αναπτύσσει ταχύτητα 12 ναυτικά μίλια την ώρα. Ο εξοπλισμός του περιλαμβάνει: ATLAS DESO 20, LRK/GPS/EGNOS AQUARIUS 5002, HYPACK 8.9, MAX HYDROGRAPHIC SOFTWARE.

Ερευνητικά πλοία των ΗΠΑ

Ανάμεσα στα ερευνητικά πλοία των ΗΠΑ συγκαταλέγονται τα εξής:

- Το «R/V Atlantis» που κτίστηκε το 1997. Έχει μήκος 274 πόδια, εκτόπισμα 3,250 τόνους και ταξιδεύει με ταχύτητα 15 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 23μελές πλήρωμα και 24 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole στη Μασαχουσέτη.
- Το «R/V Knorr» που κτίστηκε το 1970. Έχει μήκος 279 πόδια, εκτόπισμα 2,685 τόνους και ταξιδεύει με ταχύτητα 14 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 23μελές πλήρωμα και 33 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole στη Μασαχουσέτη.
- Το «R/V MELVILLE» που κτίστηκε το 1969. Έχει μήκος 279 πόδια, εκτόπισμα 2,958 τόνους και ταξιδεύει με ταχύτητα 14 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 23μελές πλήρωμα και 38 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Scripps του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Σαν Ντιέγκο.
- Το «R/V KILO MOANA» που κτίστηκε το 2002. Έχει μήκος 186 πόδια, εκτόπισμα 2,542 τόνους και ταξιδεύει με ταχύτητα 15 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 17μελές πλήρωμα και 31 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από τη Σχολή Έρευνας και Τεχνολογίας Ωκεανού και Γης του Πανεπιστημίου της Χαβάης στη Μοάνα.
- Το «R/V ROGER REVELL» που κτίστηκε το 1996. Έχει μήκος 274 πόδια και ταξιδεύει με ταχύτητα 15 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 22μελές πλήρωμα και 36 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Scripps του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Σαν Ντιέγκο.
- Το «R/V THOMAS G. THOMPSON» που κτίστηκε το 1991. Έχει μήκος 274 πόδια και ταξιδεύει με ταχύτητα 15 κόμβων. Μπορεί να φιλοξενήσει 22μελές πλήρωμα και 36 επιστήμονες. Χρησιμοποιείται από την Ωκεανογραφική Σχολή του Πανεπιστημίου της Ουάσινγκτον στο Σιάτλ.

Ο στόλος ερευνητικών πλοίων του IFREMER

Στο στόλο ερευνητικών παράκτιων πλοίων του IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer, French Research Institute for Exploitation of the Sea) περιλαμβάνονται τα ερευνητικά πλοία:

- «L'EUROPE» για τη μελέτη παράκτιων περιοχών της Μεσογείου.
- «THALIA» για τη μελέτη παράκτιων περιοχών του Ατλαντικού.

Στο στόλο ερευνητικών πλοίων βαθιάς θάλασσας του IFREMER περιλαμβάνονται τα πλοία:

- «L'ATALANTE» πλοίο πολλαπλών στόχων που διαθέτει το στελεχωμένο βαθυσκάφος «NAUTILE» με ικανότητα κατάδυσης μέχρι τα 6 χιλιόμετρα και το τηλεκατευθυνόμενο όχημα «VICTOR 6000».
- «THALASSA» σκάφος κύρια για ερευνητικά θέματα αλιείας και φυσικής ωκεανογραφίας.
- «LE SUROIT» σκάφος πολλαπλών χρήσεων

Το πλοίο «POURQOI PAS?» είναι ένα ερευνητικό σκάφος πολλαπλών χρήσεων που χρησιμοποιείται τόσο σε παράκτιες περιοχές όσο και στη βαθιά θάλασσα.

Επίσης, στον γαλλικό πολεμικό στόλο ανήκει το πλοίο «BEAUTEMPS BEAUPRÉ», προορισμένο να καλύπτει τις ανάγκες του Ναυτικού και της Υδρογραφικής και Ωκεανογραφικής Υπηρεσίας του Ναυτικού (SHOM, Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) και ειδικότερα στον Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό.

1.9.2 Βαθυσκάφη

Τα βαθυσκάφη είναι υποβρύχια ερευνητικά σκάφη και αποτελούν σημαντικό εργαλείο των ωκεανογράφων. Τα βαθυσκάφη, σε σχέση με τα σκάφη επιφανείας, παρουσιάζουν πολυάριθμα πλεονεκτήματα, όπως επιτρέπουν την άμεση παρακολούθηση φαινομένων, δίνοντας στους επιστήμονες τη δυνατότητα άμεσης παρατήρησης και φωτογράφισης των φαινομένων που προσπαθούν να μετρήσουν ή από όπου προσπαθούν να συλλέξουν δείγματα, έχουν τη δυνατότητα να λειτουργήσουν ανεξάρτητα από την επιφάνεια της θάλασσας και να ανακαλύψουν ιδιαιτερότητες του βυθού που είναι δύσκολο ή αδύνατο να ανιχνευθούν από την επιφάνεια. Τα βαθυσκάφη μειονεκτούν στο θέμα της εξάρτησής τους από τα σκάφη επιφανείας που τα μεταφέρουν

στη συγκεκριμένη θέση κατάδυσης. Ακόμη, τα βαθυσκάφη χρησιμοποιούνται συνήθως όταν οι επικρατούσες συνθήκες είναι σχετικά ήπιες λόγω των δυσκολιών που παρουσιάζονται κατά την ανάδυση και κατάδυσή τους. Τα βαθυσκάφη έχουν σχετικά μικρό μέγεθος, υψηλό κόστος κατασκευής και λειτουργίας ενώ βρίσκουν πληθώρα χρήσεων και εφαρμογών.

Η ιστορία του βαθυσκάφους ξεκινά το 332 π.Χ., όταν ο Μέγας Αλέξανδρος με τη βοήθεια μιας αδιάβροχης κατασκευής πραγματοποίησε την πρώτη του κατάδυση. Δυστυχώς, δεν έχουν διασωθεί στοιχεία γι' αυτή την υποβρύχια κατασκευή. Πολύ αργότερα έγιναν διάφορες προσπάθειες για να αναπτυχθεί η τεχνολογία που θα επέτρεπε τη δημιουργία μιας υποβρύχιας κατασκευής. Έτσι, στις αρχές του 16ου αιώνα, οι Γροιλανδοί χρησιμοποιώντας το δέρμα φώκιας αδιαβροχοποίησαν υποβρύχιες κατασκευές τριών ατόμων με τις οποίες άνοιγαν τρύπες στα πλευρικά τοιχώματα των νορβηγικών πλοίων στις μεταξύ τους ναυμαχίες. Στη συνέχεια, οι προσπάθειες δημιουργίας βαθυσκαφών συνεχίστηκαν για στρατιωτικές σκοπιμότητες και μόλις στις αρχές του 1930 έγιναν σοβαρές προσπάθειες υποβρύχιων αποστολών για επιστημονικούς σκοπούς. Τον Αύγουστο του 1934, ο βιολόγος William Beebe και ο μηχανικός Otis Barton καταδύθηκαν στα 923 m (3.028 πόδια) με μια βαθυσφαίρα, προκειμένου να παρατηρήσουν άμεσα τη θαλάσσια περιοχή των Βερμούδων. Επρόκειτο για μια βαριά ατσάλινη σφαίρα με μικρά παράθυρα, κρεμασμένη από το πλοίο επιφάνειας που της παρείχε την απαιτούμενη ισχύ. Η βαθυσφαίρα διέθετε τζάμια από χαλαζία και μετέφερε το οξυγόνο που χρειαζόταν το πλήρωμά της. Το 1950, ο Ελβετός Picard άρχισε να κατασκευάζει το πρώτο πραγματικό βαθυσκάφος που το 1960 καταδύθηκε στα 35.800 πόδια. Πρόκειται για το βαθυσκάφος «Trieste» του Αμερικανικού Ναυτικού. Σταθμό στην ιστορία του βαθυσκάφους αποτέλεσε το βαθυσκάφος «Alvin» που κατασκευάστηκε από τη Litton Systems και παραδόθηκε στο Woods Hole Oceanographic Institution των ΗΠΑ στις 28 Μαΐου 1964. Η πρώτη του αποστολή πραγματοποιήθηκε στις 5 Ιουνίου 1964. Το 1965 κατασκευάστηκε το catamaran «Lulu» με το οποίο εφοδιάστηκε το «Alvin». Τον Μάρτιο του 1965, το «Alvin» και το «Lulu» πραγματοποίησαν την πρώτη τους δοκιμαστική κατάδυση χωρίς πλήρωμα ανοικτά από τις Μπαχάμες.

Γενικώς, τα βαθυσκάφη πρέπει να είναι πολύ ανθεκτικά για να αντέχουν την αυξημένη πίεση που υφίστανται από τα υπερκείμενα στρώματα νερού. Ο χώρος που φιλοξενεί το πλήρωμα είναι περιορισμένος λόγω αφενός, του μικρού μεγέθους του σκάφους και, αφετέρου, της μεταφοράς οργάνων

και συσκευών οξυγόνου. Τα βαθυσκάφη έχουν παράθυρα από ακρυλικό πλαστικό λόγω του ότι το γυαλί θρυμματίζεται στις μεγάλες πιέσεις ενώ το ακρυλικό πλαστικό πριν τη θραύση προειδοποιεί κατάλληλα. Η εσωτερική πίεση του βαθυσκάφους είναι ίση με την ατμοσφαιρική. Η απαραίτητη για τη λειτουργία του ηλεκτρική ενέργεια παρέχεται από όξινες μπαταρίες μολύβδου. Η ταχύτητα κίνησης είναι περίπου 2-3 κόμβοι την ώρα. Λόγω της περιορισμένης ισχύος, ο χρόνος που μπορεί να παραμείνει ένα βαθυσκάφος σε κατάδυση κυμαίνεται από 5 έως 8 ώρες περίπου, αλλά σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης τα αποθέματα οξυγόνου επαρκούν για κατάδυση 24 έως 48 ωρών. Το πλήρωμα ενός βαθυσκάφους κυμαίνεται από 2 έως 6 άτομα, συνήθως όμως αποτελείται από 1 κυβερνήτη και 2 με 3 επιστήμονες

Τα βαθυσκάφη βρίσκουν πληθώρα και ποικιλία εφαρμογών. Ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα παρουσιάζεται απαριθμώντας διάφορες χρήσεις του «Alvin». Το «Alvin» είναι ένα βαθυσκάφος τριών ατόμων. Ανήκει στο Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο του Woods Hole. Κατασκευάστηκε το 1962 και κόστισε περίπου 10 εκατομμύρια δολάρια. Τον Ιανουάριο του 1966, μια αεροπορική σύγκρουση πάνω από την Ισπανία είχε ως αποτέλεσμα να πέσει μια υδρογονοβόμβα βάρους 20 μεγατόνων στο βυθό της Μεσογείου, στην περιοχή Palomares της Ισπανίας. Το πλήρωμα του «Alvin» με τη βοήθεια του τηλεκατευθυνόμενου οχήματος «CURV» του Αμερικανικού Ναυτικού ξεκίνησε στις αρχές Μαρτίου την αναζήτησή της στον ωκεάνιο πυθμένα. Η υδρογονοβόμβα εντοπίστηκε για πρώτη φορά στις 15 Μαρτίου, αλλά στην προσπάθεια πρόσδεσης των κατάλληλων σχοινιών για την ανύψωσή της, γλίστρησε σε βαθύτερα νερά και οι εργασίες αναζήτησης συνεχίστηκαν. Η θέση της βόμβας επαναπροσδιορίστηκε στις 2 Απριλίου και ανασύρθηκε στις 7 Απριλίου από το όχημα «CURV». Το 1967, το «Alvin» μεταφέρθηκε πάλι στις Μπαχάμες για μια σειρά καταδύσεων νότια της Νέας Αγγλίας, στα φαράγγια και κατά μήκος της ηπειρωτικής κατωφέρειας για ποικίλες μετρήσεις, βιολογικού, γεωλογικού, ηχητικού, θερμοκτικού περιεχομένου. Σε μία από τις καταδύσεις αυτές εντοπίστηκε ένα αεροσκάφος F6F, φωτογραφήθηκε και αναγνωρίστηκε ως αεροσκάφος που είχε χαθεί κατά τη μεταφορά του σε ασκήσεις το 1944. Στις 24 Σεπτεμβρίου, κατά τη διάρκεια κάποιας προγραμματισμένης κατάδυσης, ο μηχανικός βραχίονας χάθηκε. Στην κατάδυση της 17 Οκτωβρίου, ανασύρθηκε και αναπροσαρμόστηκε. Το 1968, το «Alvin» χρησιμοποιήθηκε σε μια προσπάθεια μελέτης φαλαινών σε κατάδυση. Τον Αύγουστο του 1968 το βαθυσκάφος «Alvin» χάθηκε κατά

τη διάρκεια της κατάδυσής του λίγες εκατοντάδες μίλια από τις ακτές του Cape Cod. Όσοι επέβαιναν κατάφεραν να διασωθούν πριν να χαθεί το βαθυσκάφος σε βάθος 5500 ποδών. Χρειάστηκε να περάσουν 11 μήνες με συνεχείς προσπάθειες αναζήτησης μέχρις ότου εντοπίστηκε με τη βοήθεια sonar και ανασύρθηκε. Πριν το τέλος του 1970, το βαθυσκάφος άρχισε πάλι τις αποστολές του. Το 1974, το «Alvin» συνεργάστηκε με τα γαλλικά βαθυσκάφη «Cyana» και «Archimedes» για τη μελέτη της Μέσο-ατλαντικής Ράχης στο πλαίσιο του προγράμματος FAMOUS (French-American Mid-Ocean Undersea Study). Το 1975, το «Alvin» έφερε σε πέρας μια σειρά καταδύσεων στις Μπαχάμες για βιολογικές έρευνες, στο νησί Grand Bahamas για γεωλογικές έρευνες και στο Blake Plateau για βιολογικού περιεχομένου μελέτες, ενώ συνέβαλε σε πρόγραμμα σχετικό με τη δυνατότητα απόρριψης ραδιενεργών κατάλοιπων. Την ίδια χρονιά συμμετείχε αποφασιστικά στην εγκατάσταση ενός νέου σταθμού στον ωκεάνιο πυθμένα, σε βάθος 4 km, νότια του ακρωτηρίου Cod. Το 1977, το «Alvin» διέσχισε για πρώτη φορά τη διώρυγα του Παναμά. Τους μήνες Φεβρουάριο και Μάρτιο πραγματοποιήθηκαν γεωλογικές μελέτες στη ρωγμή Γκαλαπάγκος. Ένα από τα βασικότερα αποτελέσματα που διατυπώθηκαν ήταν η άφθονη παρουσία εξωτικών ειδών του ζωικού βασιλείου είτε σε περιοχές ανάβλυσης θερμού νερού είτε σε άμεση γειτνίαση με αυτές, εμπνέοντας τη διατύπωση θεωριών αναφερόμενων στη γένεση της ζωής. Γνωρίζοντας ότι το ηλιακό φως δεν εισχωρεί σε τέτοια μεγάλα βάθη, η βιοχημεία της περιοχής συνδέθηκε άμεσα με μηχανισμούς χημειοσύνθεσης. Στο ταξίδι του γυρισμού, διασχίζοντας και πάλι τη διώρυγα του Παναμά, ο σεισμός με επίκεντρο τη Νικαράγουα έγινε άμεσα αντιληπτός από το καταδυόμενο «Alvin». Το 1986, το «Alvin» καταδύθηκε πολλές φορές στη Μέσο-ατλαντική Ράχη, σε περιοχές ανάβλυσης θερμού νερού που είχαν πρόσφατα ανακαλυφθεί, αναγνωρίζοντας νέα είδη γαρίδας και ένα εξάπλευρο ζώο που είχε θεωρηθεί εξαφανισμένο. Τον Ιούλιο, έγιναν πολλές καταδύσεις του «Alvin» στο ναυάγιο του «Τιτανικού». Καταδύθηκε 12 φορές προκειμένου να ελεγχθεί πλήρως ένα πρωτότυπο όχημα-ρομπότ –το «Jason Jr.»– και να φωτογραφηθεί το ναυάγιο.

Το «Alvin» όταν πρωτοκατασκευάστηκε είχε χρησιμοποιηθεί ατσάλι ως υλικό της γάστρας του και είχε τη δυνατότητα να καταδυθεί μέχρι βάθους 6.000 ποδών μόνο. Το 1973, ανακατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας τιτάνιο για την κατασκευή της γάστρας του. Αυτό του έδωσε τη δυνατότητα κατάδυσης μέχρι τα 13.124 πόδια, δηλαδή περίπου 4.000 m. Στις 5 Ιουνίου 1994,

το βαθυσκάφος «Alvin» στα 30ά του γενέθλια δεν διατηρούσε πια κανένα τμήμα από το αρχικό «Alvin», όλα τα εξαρτήματα του υποβρυχίου είχαν πια αντικατασταθεί στο πέρασμα του χρόνου.

Το «Alvin» διαθέτει 3 βιντεοκάμερες, 2 σταθερές μηχανές λήψης, 12 προβολείς, 2 υδραυλικούς ρομποτικούς βραχίονες. Στο μπροστινό του τμήμα το βαθυσκάφος διαθέτει ένα εξάρτημα σαν καλάθι για τη μεταφορά επιστημονικών οργάνων.

Τα τελευταία χρόνια, το «Alvin» πραγματοποιεί περίπου 150-200 καταδύσεις κάθε χρόνο ενώ το σύνολο των καταδύσεών του ξεπερνά τις 3.200. Το πλοίο που υποστηρίζει το συγκεκριμένο βαθυσκάφος είναι το «R/V Atlantis II», το οποίο μπορεί να φιλοξενήσει 27μελές πλήρωμα, 19μελή επιστημονική ομάδα, και 9μελές πλήρωμα του βαθυσκάφους.

Άλλο βαθυσκάφος είναι το ιαπωνικό «Shinkai 6500» με ικανότητα κατάδυσης σε μεγαλύτερα βάθη από οποιοδήποτε άλλο στελεχωμένο ερευνητικό βαθυσκάφος.

Το ελληνικό βαθυσκάφος «Θέτις»

Το βαθυσκάφος «Θέτις» αποτελεί αναπόσπαστο μέρος του ελληνικού ωκεανογραφικού πλοίου «ΑΙΓΑΙΟ» (του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Ερευνών), με το οποίο επικοινωνεί με τη βοήθεια ειδικού τηλεφώνου. Έχει μήκος 3,4 m, πλάτος 2,4 m, ύψος 2,5 m και ζυγίζει 5,3 τόνους. Η υποβρύχια ταχύτητά του είναι 2,5 κόμβοι, το επιχειρησιακό βάθος του φθάνει τα 610 m και κινείται με τη βοήθεια 2 ισχυρών μπαταριών συνολικής τάσεως 160 volt. Ο χρόνος κατάδυσης είναι 8-9 ώρες, ενώ ο χρόνος επιβίωσης (δηλαδή τα αποθέματα οξυγόνου και τροφής για περίπτωση ανάγκης) είναι 80 ώρες. Το πλήρωμα είναι 2 άτομα (1 άτομο κυβερνήτης και 1 άτομο επιβάτης). Έχει μεγάλο οπτικό πεδίο, διαθέτει υψηλής τεχνολογίας προβολείς για φωτογράφιση και κινηματογράφιση. Διαθέτει πολυαρθρωτό βραχίονα με δυνατότητα ανάσυρσης αντικειμένων από το βυθό βάρους μέχρι 100 κιλών. Διαθέτει υπερσύγχρονο ηχοβολιστικό (sonar), νέας υψηλής τεχνολογίας.

Το βαθυσκάφος «Θέτις» έχει καταδυθεί πολλές φορές για ερευνητικούς σκοπούς, σε μελέτες βυθού, μελέτες για την τοποθέτηση καλωδίων ή επιστημονικών αισθητήρων στο βυθό, σε προσπάθειες εντοπισμού και ανάσυρσης χαμένων αντικειμένων π.χ. ελικοπτέρων, ναυαγίων κ.λπ., και ακόμη για τον εντοπισμό και τη μελέτη ενάλιων υποθαλάσσιων αρχαιοτήτων.

1.9.3 Τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια οχήματα

Εκτός από τα στελεχωμένα με ανθρώπινο δυναμικό βαθυσκάφη, η ωκεανογραφική έρευνα και εφαρμογή πολλές φορές χρησιμοποιεί τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια οχήματα. Είναι εφοδιασμένα με υποβρύχια φώτα, μηχανές φωτογράφισης και κινηματογράφησης, ηχοβολιστικά sonars, ηλεκτρικούς κινητήρες και πολυαρθρωτούς βραχίονες. Έχουν πλήθος εφαρμογών, όπως τον εντοπισμό χαμένων αντικειμένων και ναυαγίων, τον έλεγχο υποθαλάσσιων εγκαταστάσεων προκειμένου να αναγνωρισθούν πιθανές ζημιές, τη μελέτη λιμενικών εγκαταστάσεων, διάφορες μελέτες του υποστρώματος του βυθού ώστε να εξετασθεί η καταλληλότητά του για την εγκατάσταση καλωδίων, την τοποθέτηση επιστημονικών αισθητήρων και εξοπλισμού κ.λπ.

Στο πλαίσιο της ελληνικής ωκεανογραφικής έρευνας υπάρχουν κάποια τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια οχήματα. Ανάμεσα σ' αυτά είναι το «Rox Max Rover» ιδιοκτησίας ΕΛΚΕΘΕ. Έχει μήκος 2,2 m, πλάτος 0,9 m και ύψος 1,2 m. Ζυγίζει 750 κιλά, το μέγιστο βάθος κατάδυσής του είναι 2.000 m ενώ ο χρόνος κατάδυσης είναι απεριόριστος. Διαθέτει 6 ηλεκτρικούς κινητήρες, σύστημα εντοπισμού θέσης, 4 φωτογραφικές μηχανές λήψης και 1 ηλεκτρο-υδραυλικό πολυαρθρωτό βραχίονα 5 βαθμών ελευθερίας κινήσεων. Η υποβρύχια ταχύτητά του είναι 2,5 κόμβοι για οριζόντια κίνηση, 1,5 κόμβοι για κατακόρυφη και πλάγια κίνηση και έχει δυνατότητα έλξης 160 κιλών. Χρησιμοποιείται σε ποικιλία ερευνητικών προγραμμάτων και συναφών δραστηριοτήτων, όπως η τοποθέτηση αισθητήρων και εξοπλισμού, ο εντοπισμός αντικειμένων, η συλλογή και επαλήθευση δεδομένων αισθητήρων και ο έλεγχος λειτουργίας εξοπλισμού. Ένα άλλο τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο όχημα είναι το «ROV Super Achilles». Έχει μήκος 0,72 m, πλάτος 0,6 m, ύψος 0,51 m, υποβρύχια ταχύτητα 2,5 κόμβων, απεριόριστο χρόνο κατάδυσης και 1.000 m μέγιστο βάθος κατάδυσης. Διαθέτει σύστημα εντοπισμού θέσης, βυθόμετρο, ηχοβολιστικό sonar, φωτογραφικές μηχανές λήψης και ένα ηλεκτρικό πολυαρθρωτό βραχίονα 3 βαθμών ελευθερίας κινήσεων. Ζυγίζει 120 κιλά. Άλλο τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο όχημα είναι το «MiniRover».

Άλλα τηλεκατευθυνόμενα υποβρύχια είναι το «Jason» και το «Medea». Χρησιμοποιούνται από το Ωκεανογραφικό Ινστιτούτο Woods Hole στη Μασαχουσέτη με σκοπό τη μελέτη του ωκεάνιου πυθμένα. Είναι κατασκευ-

ασμένα για να χρησιμοποιούνται μαζί, ενώ κατάλληλο καλώδιο τα διατηρεί συνδεδεμένα με το πλοίο της επιφάνειας. Λόγω της μη στελέχωσής τους με ανθρώπινο δυναμικό μπορούν να καταδυθούν σε μεγάλα βάθη, της τάξης των 20.000 ποδών (6.000 m). Διαθέτουν μηχανές φωτογράφισης και βιντεοσκόπησης, διάφορα ηλεκτρόδια, θερμομέτρα και δειγματοληπτικά εξαρτήματα. Με το καλώδιο σύνδεσης τα δεδομένα που καταγράφονται αποστέλλονται στο πλοίο επιφάνειας, ενώ το «Jason» με κατάλληλο καλάθι δειγματοληψίας μεταφέρει στην επιφάνεια τα δείγματα που έχει συλλέξει.

1.9.4 Άλλοι τύποι ωκεανογραφικών σκαφών

Στην υπηρεσία της ωκεανογραφίας συχνά χρησιμοποιούνται σκάφη γεωτρήσεων. Τα σκάφη αυτά εκτελούν γεωτρήσεις και έτσι συλλέγονται δείγματα από βαθύτερα στρώματα του γήινου φλοιού. Ένας άλλος τύπος σκάφους είναι το «ALCOA SEAPROBE», που βρίσκει εφαρμογές σε ερευνητικούς σκοπούς ή στον εντοπισμό και την ανάσυρση από το θαλάσσιο βυθό αντικειμένων που έχουν χαθεί σε μεγάλο βάθος. Το σκάφος αυτό είναι κατασκευασμένο από αλουμίνιο, το σχέδιο ναυπήγησής του είναι παρόμοιο με εκείνο ενός σκάφους γεωτρήσης, αλλά η λειτουργία του διαφέρει. Διαθέτει ειδικά εξαρτήματα εφοδιασμένα με υποβρύχια τηλεόραση και ηχητικούς ανιχνευτές για τον εντοπισμό αντικειμένων στις βαθιές θάλασσες. Αφού εντοπισθεί ένα χαμένο στο βυθό αντικείμενο, στη συνέχεια μια δρόγα το σηκώνει και το μεταφέρει στην επιφάνεια της θάλασσας. Με τη διαδικασία αυτή μπορούν να ανασυρθούν βαριά αντικείμενα.

1.9.5 Εξέδρες σταθερού σημείου και επιπλέουσες εξέδρες

Πολλές φορές έχουν χρησιμοποιηθεί εξέδρες σταθερού σημείου εφοδιασμένες με κατάλληλα αυτόματα καταγραφικά όργανα για τη συνεχή παρακολούθηση και μέτρηση πολλών ωκεανογραφικών παραμέτρων. Οι εξέδρες σταθερού σημείου πλεονεκτούν των ερευνητικών πλοίων, όταν πρόκειται για μακροχρόνιες συνεχείς μετρήσεις, ως προς το σχετικά χαμηλότερο κόστος τους και τη σταθερότητά τους στη θάλασσα. Οι εξέδρες που επιπλέουν (πλατφόρμες) επιτρέπουν τη δυνατότητα ωκεανογραφικών παρατηρήσεων και μετρήσεων ωκεανογραφικών παραμέτρων σε πολικές περιοχές καλύπτοντας μελέτη πολλών αρκτικών φαινομένων, όπως κίνηση παγόβουνων, μαγνητικές

ιδιότητες, κ.λπ. Οι επιπλέουσες πλατφόρμες ρυμουλκούνται κατάλληλα στο προεπιλεγμένο σημείο εγκατάστασής τους. Μία εφαρμογή είναι η περίπτωση της επιπλέουσας πλατφόρμας «FLIP» (Floating Instrument Platform). Ανήκει στο Γραφείο Ναυτικής Έρευνας των ΗΠΑ και χρησιμοποιείται από το Εργαστήριο Θαλάσσιας Φυσικής του Ωκεανογραφικού Ινστιτούτου Scripps στην περιοχή La Jolla της Καλιφόρνιας. Σχεδιάστηκε και κτίστηκε το 1962. Το πλεονέκτημά της είναι ότι τα κύματα δεν την επηρεάζουν στον ίδιο βαθμό όπως ένα συνηθισμένο πλοίο, συνεπώς ένα κύμα ύψους 9 m θα προκαλέσει μόνο κατά 1 m κάθετη μετατόπιση της πλατφόρμας. Το αποτέλεσμα είναι ότι οι κυματικές αλλαγές δεν επηρεάζουν τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούνται και κατά συνέπεια τις αντίστοιχες μετρήσεις τους. Η πλατφόρμα «FLIP» έχει συνολικό ύψος 108 m. Απαιτεί ένα πλοίο για τη ρυμούλκηση στο συγκεκριμένο σημείο του ωκεανού όπου θα γίνει η ωκεανογραφική έρευνα. Αφού βρεθεί στην προεπιλεγμένη θέση, παίρνει την κάθετη διάταξη μετατρέποντας τα πλευρικά τοιχώματα, τους τοίχους δηλαδή, σε κατάστρωμα. Για το σκοπό αυτό, διαθέτει στο ένα άκρο ειδικές δεξαμενές έρματος που γεμίζουν με 700 τόνους θαλάσσιου νερού και βυθίζονται. Στο άλλο άκρο διαθέτει αντίστοιχα δεξαμενές αέρα που της επιτρέπουν να επιπλέει. Σε χρονικό διάστημα μόλις 20 min, η πλατφόρμα «FLIP» έχει πάρει την τελική κάθετη διάταξή της, με 91 m της συνολικής της κατασκευής βυθισμένα και 17 m έξω πάνω από την επιφάνεια του ωκεανού. Προκειμένου να επιστρέψει η πλατφόρμα «FLIP» στην οριζόντια θέση της, οκτώ δεξαμενές με αέρα σε πίεση αποβάλλουν το νερό από τις δεξαμενές έρματος προκαλώντας ανάδυση του βυθισμένου τμήματος. Τα επιστημονικά όργανα είναι στερεωμένα στα πλευρικά τοιχώματα και η σωστή τους διάταξη συμπίπτει με την κάθετη θέση της πλατφόρμας «FLIP». Προκειμένου να καθίσταται δυνατή η χρήση της πλατφόρμας τόσο σε κάθετη όσο και σε οριζόντια διάταξη, τα δωμάτια έχουν δύο ειδών πόρτες (για κάθετη και οριζόντια χρήση)· ό,τι μπορεί να περιστραφεί έχει κατασκευασθεί με τρόπο που να επιτρέπει την περιστροφή (π.χ. κρεβάτια), ενώ ό,τι δεν μπορεί να περιστραφεί έχει κατασκευασθεί εις διπλούν. Μπορεί να φιλοξενήσει 5μελές πλήρωμα και επιστημονική ομάδα αποτελούμενη από 11 επιστήμονες. Έχει τη δυνατότητα συνεχούς παραμονής στην προεπιλεγμένη θέση μελέτης μέχρι 30 ημέρες, ενώ εάν αντικατασταθούν οι προμήθειες μπορεί να παραμείνει μέχρι 45 ημέρες.