ΦΥΣΙΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ - ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2024

ΘΕΜΑ 1

α. Κύμα Rossby, με μήκος κύματος 3140 km, διασχίζει τον Ατλαντικό ωκεανό (πλάτος 5000 km, μέσο βάθος 1000 m) στη διεύθυνση ανατολής δύσης και σε μεσαίο γεωγραφικό πλάτος ($f = 10^{-4}$ s^{-1}, β = 2×10-11 m^{-1} s^{-1}, g = 10 m s^{-2}). Πόσο χρόνο χρειάζεται για να δισχίσει των ωκεανό? Αν μακρό κύμα Rossby μετά την πρόσκρουση του στην Αμερικάνικη ήπειρο δημιουργήσει παράκτιο κύμα Kelvin, το κύμα αυτό προς ποια διεύθυνση θα κινηθεί και με ποια ταχύτητα?

β. Σε καράβι στη μέση του ωκεανού παρατηρούμε την άφιξη swell (κυματοπακέτα) με περίοδο 10 sec, που προκλήθηκε από μακρινή καταιγίδα. Γνωρίζοντας ότι η καταιγίδα συνέβη πριν από μιάμιση μέρα, υπολογίστε την απόσταση της καταιγίδας από το καράβι.

ΛΥΣΗ

α.

$$c_x \equiv \frac{\omega}{k} = -\frac{\beta R_D^2}{1+R_D^2 k^2} = -\frac{\beta}{\frac{1}{R_D^2}+k^2}$$

$$R_D^2 = \frac{gH}{f^2} = \frac{10\text{ms}^{-2}1000\text{m}}{10^{-8}\text{s}^{-2}} = 10^{12}\,\text{m}^2 \Rightarrow \frac{1}{R_D^2} = 10^{-12}\,\text{m}^{-2}$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{6.28}{3140000\text{m}} = 2\times10^{-6}\,\text{m}^{-1} \Rightarrow k^2 = 4\times10^{-12}\,\text{m}^{-2}$$

$$c_x = -\frac{20\times10^{-12}\,\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}}{10^{-12}\,\text{m}^{-2}+4\times10^{-12}\,\text{m}^{-2}} = 4\ \text{ms}^{-1}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta x}{c_x} = \frac{5\times10^{6}\,\text{m}}{4\ \text{ms}^{-1}} = 1.25\times10^{-6}\text{s} \approx 14.5\text{days}$$

Θα κινηθεί νότια κατά μηκος των ακτών της Αμερικής και με ταχύτητα:

$$c_K = \sqrt{gH} = 100\text{ms}^{-1}$$

β. Βαθύς ωκεανός: Short wave limit**,** Κυματοπακέτα (ομαδική ταχύτητα)

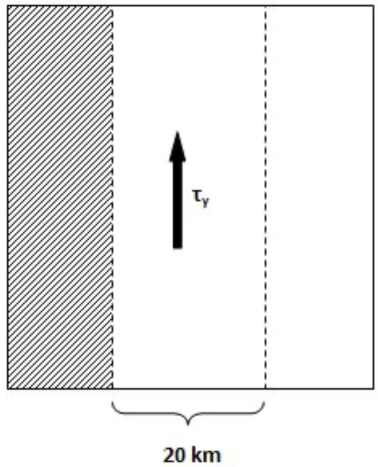
$$\omega^2 = gk$$

$$c_g = \frac{\partial\omega}{\partial k} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{k}} = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{g}{\omega^2/g}} = \frac{g}{2\omega} = \frac{gT}{2\cdot2\pi}$$

$$c_g = \frac{gT}{4\pi} = \frac{9.81\text{m/s}^2 10\text{ s}}{4\cdot3.14} = 7.81\text{m/s}$$

$$c_g = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \Delta x = c_g\Delta t = 7.81\text{m/s}\cdot1.5\cdot86400\text{s} \approx 1012\text{km}$$

ΘΕΜΑ 2



α. Σε μια ακτή μέσου γεωγραφικού πλάτους (*f*= 8x10^{-5} sec^{-1}), η οποία έχει διεύθυνση βορρά-νότου, φυσάει άνεμος που επιδρά με τάση 0.2 Pa. Η ζώνη upwelling είναι 20 km. Υπολογίστε την κατακόρυφη ταχύτητα ανάβλυσης στη ζώνη αυτή (υποθέτοντας μηδενική διαταραχή στην επιφάνεια και απουσία άλλων φαινομένων – ρ=1025kg/m^3). Τι αναμένετε να εντοπίσει ένας δορυφόρος στη ζώνη αυτή σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση χλωροφύλης και γιατί?

β. Μια ωκεάνια λεκάνη σε μεσαία γεωγραφικά πλάτη, που περικλείεται από το 0 και L (y=0 at 20^{o}N; y=L at 40^{o}N) και έχει πλάτος 5000 km, δέχεται την επίδραση της τάσης του ανέμου, με κατανομή τ^x = - τ_0 cos($\pi y/L$), όπου τ_0 = 0.1 *Pa* και βρίσκεται σε σταθερή κατάσταση. Υπολογίστε τη μέγιστη μεταφορά (σε Sv) της ροής στο ρεύμα δυτικού ορίου (β = 2x10^{-11} s^{-1} m^{-1} και $\langle\rho\rangle$=1025 kg/m^3).

ΛΥΣΗ

α.

Ekman transport:

$$U_E = \frac{\tau^y}{\rho f} = \frac{0.2\text{Pa}}{1025\text{kgm}^{-3} 8\times10^{-5}\text{s}^{-1}} = 2.44\text{m}^2\text{s}^{-1}$$

Ekman pumping:

$$\overline{w}_E = \frac{U_E}{\Delta x} = \frac{2.44\text{m}^2\text{s}^{-1}}{2\times10^4\text{m}} = 1.22\times10^{-4}\text{ms}^{-1}$$

Ο δορυφόρος θα εντοπίσει κρύα νερά και μεγαλύτερη συγκέντρωση χλωροφύλης λόγω της ανάβλυσης κρύων νερών, πλούσιων σε θρεπτικά άλατα.

β. Η μέγιστη ροή αντιστοιχεί στην ολοκληρωμένη κατά x μεταφορά κατά Sverdrup στη μέση της λεκάνης (y=L/2):

$$M_{WB} = -\int_{xwest}^{xeast} M_y\Big|_{y=L/2} \text{dx} = -\int_{xwest}^{xeast} \left(-\frac{1}{\beta}\frac{\partial \tau^x}{\partial y}\right)\Bigg|_{y=L/2} \text{dx} =$$

$$= \left(\frac{1}{\beta}\frac{\partial \tau^x}{\partial y}\right)\Bigg|_{y=L/2} \Delta x = \frac{1}{\beta} - \tau_0 \frac{\pi}{L} - \sin\left(\pi/2\right)\Delta x$$

$$M_{WB} = \frac{3.14\cdot 0.1\text{Pa}\cdot\sin(90^o)}{2\times10^{-11}\text{m}^{-1}\text{s}^{-1}\cdot 20\times10^5\text{m}} 5\times10^6\text{m} = 3.925\times10^{10}\text{kg/s}$$

using $\overline{\rho} = 1025\text{kg/m}^{-3}$ $U_{WB} = \dfrac{3.925\times10^{10}\text{kg/s}}{1025\text{kg/m}^{-3}} = 38.3\text{ Sv}$

ΘΕΜΑ 3

α. Στη Μαύρη Θάλασσα (έκταση 500,000 km^2) η εξάτμιση είναι 0.7 m/year, η βροχόπτωση 0.4 m/year και η απορροή των ποταμών 0.01 Sv.). Το ισοζύγιο νερού αντισταθμίζεται από ανταλλαγή στο στενό των Δαρδανελίων με αλατότητα του νερού εισόδου S_i=40 (psu) και αλατότητα του νερού απορροής S_o=32 (psu). Θεωρώντας ότι τα χαρακτηριστικά και η στάθμη της Μαύρης Θάλασσας παραμένουν σταθερά στο χρόνο υπολογίστε το ρυθμό απορροής V_o (σε Sv) προς το Αιγαίο (αγνοήστε τις διαφορές πυκνότητας και θεωρείστε ότι ένας χρόνος έχει 3×10^7 δευτερόλεπτα).

β. Η θαλάσσια περιοχή μεταξύ Αυστραλίας και Ανταρκτικής (f = -6×10^{-5} s^{-1}) έχει πλάτος 2,000 km, μέσο βάθος 2000 m και εμφανίζει κλίση στην ελεύθερη επιφάνεια της θάλασσας στη διεύθυνση νότου-βορρά 3×10^{-7} Η περιοχή χαρακτηρίζεται από γεωστροφική ισορροπία. Υπολογίστε το μέτρο (σε Sv) και τη διεύθυνση της μεταφοράς του ρεύματος που εμφανίζεται στην περιοχή. Καταγράψτε τις προυποθέσεις για την ύπαρξη γεωστροφίας.

ΛΥΣΗ

α.

$$E-P=\frac{0.3\text{m/year}\cdot 5\times10^{11}\text{m}^2}{3\times10^7\text{s/year}}=5\times10^3\text{m}^3\text{s}^{-1}=5\times10^{-3}\text{Sv}$$

$$E-P-R=5\times10^{-3}\text{Sv}-10^{-2}\text{Sv}=-5\times10^{-3}\text{Sv}$$

Conservation of volume and salt:

$$V_i-V_o=E-P-R \ \ (1)$$

$$V_iS_i-V_oS_o=0 \ \ (2)$$

$$(2)\Rightarrow V_i=\frac{V_oS_o}{S_i}$$

$$(1)\Rightarrow V_o-\frac{V_oS_o}{S_i}=E-P-R\Rightarrow V_o=\left(\frac{S_i}{S_o-S_i}\right)E-P-R$$

$$V_o=\frac{40}{-8}\left(-5\times10^{-3}\text{Sv}\right)=2.5\times10^{-2}\text{Sv}$$

β.

$$f=-6\times10^{-5}\ \text{s}^{-1}$$

$$Geostrophy:$$

$$fu=-g\frac{\partial\eta}{\partial y}\Rightarrow u=-\frac{g}{f}\frac{\partial\eta}{\partial y}\Rightarrow u=-\frac{10\ \text{ms}^{-2}\cdot3\times10^{-7}}{-6\times10^{-5}\ \text{s}^{-1}}=5\times10^{-2}\ \text{m s}^{-1}$$

$$volume\ \ transport(Q)=velocity\times cross-area=$$

$$=5\times10^{-2}\ \text{m s}^{-1}\cdot2\times10^6\text{m}\times2000\ \text{m}=2\times10^8\ \text{m}^3\ \text{s}^{-1}=200\ \text{Sv}$$

$$E_k<<1, R_o<<1, \frac{H}{L}<<1$$