

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ.	σελ.	Αθήνα
Bull. Geol. Soc. Greece	XIX	431-441	1987
	Vol.	pag.	Athens

ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΓΝΩΣΗ ΤΩΝ ΑΙΤΙΩΝ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ ΠΡΙΝ ΚΑΙ ΜΕΤΑ ΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΣΕΙΣΜΩΝ

Α. Θ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ*

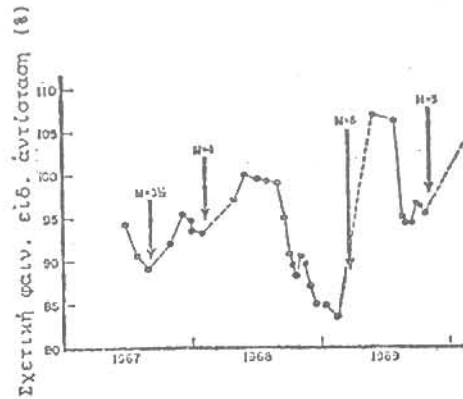
*Ένα από τὰ πρόδρομα φυσικά φαινόμενα πού σχετίζονται μέ τούς σεισμούς είναι οί μεταβολές τής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασσεως τών πετρωμάτων, πρίν τήν έκδήλωση σεισμών. Τό φαινόμενο όμως αυτό δέν είναι γενικό.

Στήν διεθνή βιβλιογραφία αναφέρονται περιπτώσεις, όπου πρίν μερικούς σεισμούς παρατηρήθη μείωση τής ειδικής αντίστασσεως τών πετρωμάτων στό σειсмоγόνο χώρο καί αύξηση αύτης άμέσως μετά τήν έκδήλωση του σεισμού. Ή χρονική διάρκεια έλαττώσεως τής ειδικής αντίστασσεως αύξάνει μέ τό μέγεθος του άναμενομένου σεισμού (6).

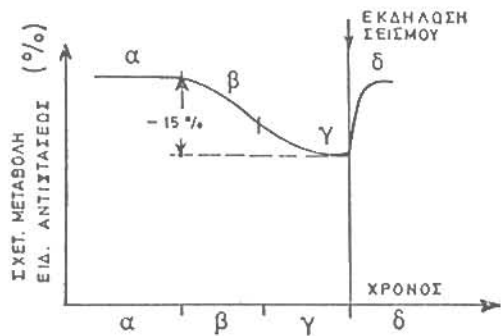
Στήν Κίνα, όπου έγιναν μετρήσεις τής ειδικής ηλεκτρικής αντίστασσεως τών πετρωμάτων πρίν τόν σεισμό Yunnan τής 29/5/76, μεγέθους $M=6,9R$, διαπιστώθηκε (14) μεταβολή στην ειδική αντίσταση τών πετρωμάτων καί μάλιστα τόσο μεγαλύτερη, όσο πλησιέστερα πρός τό επίκεντρο έγιναν οί μετρήσεις. Έξ' άλλου, στην περιοχή Garpi τής Σοβιετικής Ένώσεως, από συστηματικές μετρήσεις πού έγιναν από τό 1967¹⁹⁷⁰ διαπιστώθη πρίν μερικούς σεισμούς, μεγέθους $M>3R$, μείωση τής ειδικής αντίστασσεως τών πετρωμάτων περίπου 7-18%. Τό ελάχιστο τής τιμής συνέπιπτε χρονικά μέ τήν έκδήλωση τών σεισμών (Σχ. 1) πού σημειώθηκαν στην περιοχή στό χρονικό διάστημα 1967-1970, ενώ έπειτα από κάθε σεισμό παρατηρήθηκε αύξηση τής τιμής τής ειδικής αντίστασσεως, μέ τάση νά επανέλθη στην άρχική τιμή τής (2).

*Ανάλογες παρατηρήσεις του φαινομένου αυτού έγιναν καί στην περιοχή San Andreas τής Καλιφόρνιας πρίν τόν σεισμό του Ίουνίου 1973, μεγέθους $M=3,9 R$ (12).

*Επικ. Καθηγήτριας Ε.Μ. Πολυτεχνείου



Εχ. 1. Άνωμαλίες ειδ. αντίστασης. παρατηρηθείσες στο GARM (Σ. Ένωση) πριν από σεισμούς, με μέγεθος $M=3,5R$, $M=4R$, $M=6R$ & $M=5R$ (16).



Εχ. 2. Μεταβολή της ειδ. αντίστασης συναρτήσει του χρόνου κατά τὰ διάφορα στάδια της dilatancy: α.- ανάπτυξη τάσεων, β.- κυριαρχεί η διόγκωση, γ.- κυριαρχεί η είσοδή νερού δ.- έκδηλωση σεισμού και πτώση τάσεων.

Οι μεταβολές αυτές της ειδικής αντίστασης μπορεί να συμβάλλουν θετικά στο πρόβλημα της προγνώσεως τών σεισμών.

Γιά τήν έρμηνεία του φαινομένου αυτού έχει γίνει αποδεκτή ή υπόθεση της διασταλτικότητας (Dilatancy) του Nur. Όπως είναι γνωστό, ή υπόθεση αυτή βασίζεται σε έργαστηριακά πειράματα θραύσεως πετρωμάτων. Από τὰ πειράματα αυτά προέκυψε, ότι τό πέτρωμα πριν από τήν τελική του θραύση υφίσταται αύξηση του όγκου του κάθετα στην διεύθυνση της πιέσεως που εφαρμόζεται. Η διόγκωση αυτή οφείλεται στην δημιουργία νέων μικρορωγμών και τήν διεύρυνση προϋπαρχουσών. Η διόγκωση αρχίζει να έμφανίζεται όταν ή πίεση που άσκειται στο πέτρωμα φθάσει τό ήμισυ της τιμής της στιγμής της θραύσεως (16).

Η δημιουργία νέων ρωγμών στο πέτρωμα και ή διεύρυνση τών υπαρχουσών ρωγμών και πόρων αύξάνει τό πορώδες, με αποτέλεσμα να διηθηθί σταδιακά μέσα στην ζώνη διαστολής πρόσθετη ποσότητα νερού από τό περιβάλλον, όποτε έχουμε σταδιακή μείωση της ειδικής αντίστασης στο διογκωθέν τμήμα του πετρώματος. Η μείωση αυτή της αντίστασης συνεχίζεται μέχρι τήν έκδηλωση του σεισμού (Σχ. 2). Με τήν έκδηλωση του σεισμού και τήν ελάττωση τών τεκτονικών τάσεων, τό πέτρωμα επανέρχεται στην αρχική του κατάσταση, με τό σταδιακό κλείσιμο τών ρωγμών και πόρων και συνεπώς τήν απομάκρυνση του νερού, όποτε και ή ειδική αντίσταση σταδιακά αύξάνει, τείνοντας να ανακτήσει τήν αρχική τιμή της. Στο φαινόμενο μάλιστα αυτό θέλουν να αποδώσουν (17) τήν αύξηση της στάθμης του νερού μετά τόν σεισμό.

Ο ρυθμός ροής του νερού εξαρτάται από τίς διαστάσεις της ζώνης διαστολής, έπομένως ή διάρκεια της άνωμαλίας Dilatancy θά είναι συνάρτηση του μεγέθους του αναμενόμενου σεισμού. Ο προσδιορισμός του χρόνου που θά έκδηλωθί ο σεισμός μετά τό τέλος της άνωμαλίας αποτελεί ένα κρίσιμο και άλυτο πρός τό παρόν πρόβλημα. Από τὰ υπάρχοντα περιωρισμένα στοιχεία προκύπτει ότι ή ακρίβεια προσδιορισμού του χρόνου έκδηλώσεως του σεισμού μετά τόν τερματισμό της παρατηρουμένης άνωμαλίας είναι της τάξεως 10% της όλικής διάρκειας της άνωμαλίας (10).

Οι αναφερθείσεις μεταβολές της ειδικής αντίστασης εξαρτώνται από τό αν τό πέτρωμα είναι άρχικά ξηρό ή υγρό και από τό μέγεθος της αλλαγής του όγκου, λόγω της διασταλτικότητας (1).

Τό μοντέλο αυτό της διασταλτικότητας σε διάφορες παραλλαγές έξηγηι σε γενικές γραμμές καί άλλες γεωφυσικές μεταβολές, πού προη- γούονται μεγάλων σεισμών, όπως στό φυσικό δυναμικό, στις ταχύτητες τών σεισμικών κυμάτων, κ.ά.

Είναι όμως προφανές, ότι ή έρμηνεία του φαινομένου μειώσεως της είδικης αντίστασεως πριν την έκδήλωση ενός σεισμού, με βάση την υπόθεση της διασταλτικότητας, είναι άληθοφανής μόνον υπό την προϋπό- θεση ότι τό πέτρωμα πλησίον της έστιακής περιοχής είναι κεκορεσμένο με νερό.

Στήν περίπτωση όμως πού τό πέτρωμα είναι σχεδόν ξηρό ή με ελά- χιστο νερό στους πόρους του ή με πολύ μικρή περατότητα δέν μπορεί να δικαιολογηθή είσορή νερού στις νεοδημιουργηθείσες ρωγμές της ζώνης διαστολής από τό περιβάλλον, τουλάχιστον σε βαθμό ικανό να προκαλέσει αισθητή μείωση της είδικης αντίστασεως. Στήν προκειμένη μάλιστα πε- ρίπτωση θά συμβαίνει τό αντίθετο. Δηλαδή ή αύξηση του πορώδους στα ξηρά πετρώματα πριν τον σεισμό προκαλεί αύξηση της είδικης αντίστά- σεως τών πετρωμάτων, ενώ ή μείωση του πορώδους, με τό κλείσιμο τών ρωγμών καί πόρων μετά τον σεισμό, προκαλεί μείωση της είδικης αντίστά- σεως.

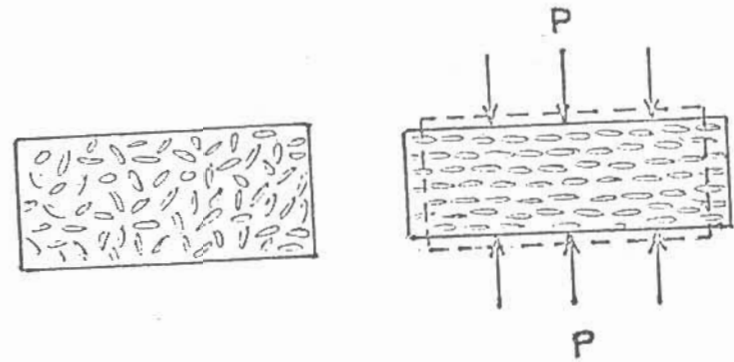
*Ακόμη καί σ'ένα υγρό πέτρωμα, εάν ή ταχύτης αύξήσεως του όγκου λόγω διαστολής είναι μεγαλύτερη της ταχύτητας ροής του υγρού, τότε είναι δυνατόν να συμβαίνει αύξηση της είδικης αντίστασεως πριν τον σεισμό.

*Επομένως, ή υπόθεση της διασταλτικότητας δέν έπαρκει για την έξήγηση τών παρατηρηθεισών μεταβολών της είδικης αντίστασεως τών πε- τρωμάτων σε όλες τις περιπτώσεις.

Για την έρμηνεία του φαινομένου τόσο της μειώσεως της είδικης αντίστασεως τών πετρωμάτων πριν τον σεισμό, όσο καί της αύξήσεως αυτής μετά τον σεισμό καί στις περιπτώσεις ξηρών ή με ελάχιστο νερό πετρω- μάτων, διατυπώνουμε, συμπληρωματικά προς την υπόθεση της διασταλτικό- τητος, την ακόλουθη άποψη:

*Η πίεση τών πετρωμάτων, έξ αιτίας τών τεκτονικών δυνάμεων με τις όποιες συνδέεται ή γένεση του σεισμού, μπορεί στην περιοχή του

σεισμογόνου χώρου, εκτός από την διαστολή κάθετα προς την πίεση, να προκαλεί καί ένα προσανατολισμό τών κόκκων του πετρώματος στην διεύ- θυνση της διαστολής (Σχ. 3), έφ'όσον ή συνεκτικότητα του πετρώματος, λόγω τών μεγάλων πιέσεων καί τών σχετικά αύξημένων θερμοκρασιών έχει άρκετά μειωθεί. Έτσι, με τον προσανατολισμό τών κόκκων κάθετα προς την πίεση, τό πέτρωμα αποκτά ένα είδος έστω καί προσωρινής "σχιστό- τητος" κατά την διεύθυνση της ζώνης διαστολής, πού ως γνωστόν έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της είδικης ήλεκτρικής αντίστασεως κατά την διεύθυνση αυτή.



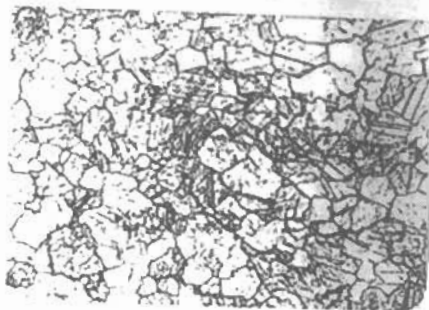
Σχ.3. Προσανατολισμός τών κόκκων πετρώματος κάθετα προς την ασκουμένη πίεση P.

Είδικά πειράματα πού έγιναν από τον David Griggs (7) σε δείγμα- τα μαρμάρου υπό μεγάλη πίεση (8.000-10.000 atm), έδειξαν ότι με την αύξηση της πιέσεως παρατηρείται πράγματι ένας προσανατολισμός τών ίχνων τών διδύμων κρυστάλλων (Σχ. 4).

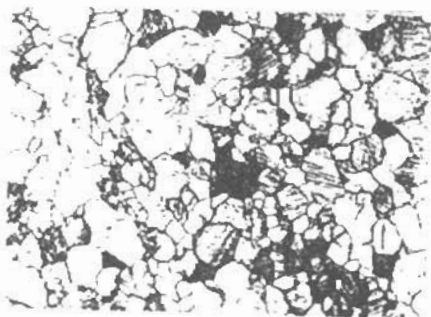
*Ανάλογο φαινόμενο παρατηρείται καί στην φύση (5) κατά τον σχη- ματισμό τών κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων. λόγω δυναμομεταμορφώ- σεως, έξ αιτίας τών τεκτονικών πιέσεων (Σχ. 5).

Μετά τον σεισμό, με την χαλάρωση της πιέσεως, τά πετρώματα πού υπέστησαν ελαστική παραμόρφωση, χωρίς να υπερβούν τό όριο ελαστικότη- τος, τείνουν να επανέλθουν σιγά-σιγά στην προτεραία τους κατάσταση. Έτσι, οι κόκκοι του πετρώματος δέν μπορούν να παραμείνουν προσανατο- λισμένοι κάθετα στην πίεση, έφ'όσον αυτή έπαυσε να υπάρχει, με αποτέ- λεσμα την αύξηση της είδικης αντίστασεως, τείνουσα προς την άρχική τιμή της.

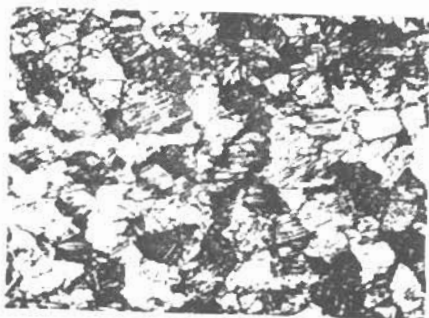
α



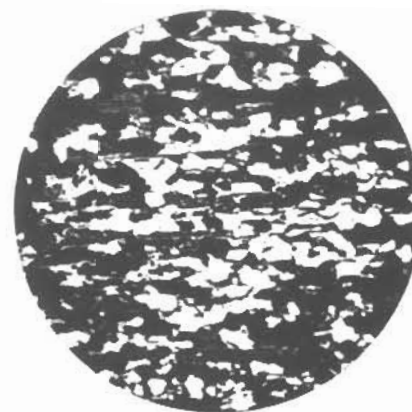
β



γ



σχ.4: Φωτογραφίες λεπτών τομών μαρμάρου (μη διαστ. Nicols, μεγέθ. X20) α.-Μάρμαρο μη παραμορφωμένο β.-Μάρμαρο πλαστικώς παραμορφωμένο, υπό πίεση 8000 Atm. γ.-Μάρμαρο πλαστικώς παραμορφωμένο υπό πίεση 10000 Atm. Παρατηρείται ένας προσανατολισμός των ιχνών των διδύμων κρυστάλλων, με την αύξηση της πιέσεως (7).



Εχ. 5. Λεπτή τομή γνευσίου με κρυσταλλική σι-
στότητα λόγω δυναμομεταμορφώσεως.
-Διαστ. Nicols X12- (5)

Είναι βέβαια προφανές, ότι αν υφίστανται μεταβολές της είδικης αντίστασεως θα είναι κυρίως αισθητές πλησίον της έστιακής περιοχής, όπου άσκοούνται οι τεκτονικές πιέσεις ενώ τυχόν μεταβολές του φυσικού δυναμικού, πού όφείλονται στην κίνηση ήλεκτρικων φορτίων μπορούν να γίνουν αισθητές και σε μεγάλη απόσταση από την έστιακή περιοχή (13).

Ο ελληνικός χώρος πού πλήττεται συχνά από σεισμούς προσφέρεται για άναλογες έρευνες, κατόπιν βεβαίως μελέτης των γεωλογικων, τεκτονικων και σεισμικων δεδομένων κάθε περιοχής.

Σε περίπτωση χρησιμοποίησης της μεθόδου αυτής στην έρευνα για την πρόγνωση σεισμων στην Ελλάδα και έφ' όσον αναφερόμεθα σε σεισμούς επιφανείας, ή εφαρμογή της κατ' άρχην θα περιορισθι στις σεισμικές περιοχές πού παρουσιάζουν κατάλληλες γι' αυτό συνθήκες.

Τά άοβεστολιθικά πετρώματα, πού ή ανάπτυξη τους στον ελληνικό χώρο είναι ως γνωστόν μεγάλη, άποτελούν ένδεχομένως εύνοϊκές συνθήκες στην έρευνα για την πρόγνωση των σεισμων, έπειδή ή ύδατοπερατότητα τους όφείλεται κυρίως σε μικρορήγματα και διακλάσεις. Αν στα άοβεστολιθικά αυτά πετρώματα, παράλληλα με τον προσανατολισμό των κόκκων, έξ αίτίας των τεκτονικων πιέσεων κατά την προσεισμική περίοδο δημιουργηθοϋν και μικρορωγμές οι όποτες ήμπορεϊ να πληρωθοϋν με νερό,

Τούτο θά έχει ως αποτέλεσμα τήν αίσθητή μείωση τής ειδικής αντιστάσεως των πετρωμάτων κατά τήν διεύθυνση τής ζώνης διαστολής, πράγμα πού μπορεί νά αποτελέσει ένδειξη γιά πιθανό σεισμό.

Αντίθετα, τά άργιλοϋχα πετρώματα παρουσιάζουν ήδη πολύ μικρή ειδική αντίσταση, πού δέν πρόκειται νά αλλοιωθί αίσθητά, μέ τόν προανατολισμό των κόκκων ή τήν ρωγμάτωσή των κατά τήν προσεισμική περίοδο καί τήν πλήρωση των ρωγμών από υπόγειο νερό.

Η μέθοδος αυτή θά μπορούσε επί παραδείγματι νά εφαρμοσθί στην περιοχή του ρήγματος Αταλάντης.

Εδω θά πρέπει νά σημειωθί, ότι προκειμένου νά διαπιστώσουμε τίς μεγαλύτερες δυνατές μεταβολές, τό ανάπτυγμα των ηλεκτροδίων ρεύματος θά πρέπει νά είνai παράλληλο πρός τήν ζώνη διαστολής (διεύθυνση μεταπτώσεως), διότι πρός τήν διεύθυνση αυτή αναμένονται οι μεγαλύτερες μεταβολές τής ειδικής αντιστάσεως.

Επίσης, ένας άλλος λόγος, πού δέν συνιστώνται τά έγκάρσια πρός τήν μετάπτωση ηλεκτρικά profils είνai, ότι στην περίπτωση αυτή στην διαμόρφωση τής ειδικής αντιστάσεως συμμετέχουν καί οι δύο πτέρυγες τής μεταπτώσεως, όποτε δέν γίνεται διάκριση μεταξύ των ηλεκτρικών ιδιοτήτων τής μιάς πτέρυγος τής μεταπτώσεως από αυτές τής άλλης. Δηλαδή δέν θά ξέρουμε σέ ποιά πτέρυγα τής μεταπτώσεως γίνεται κυρίως ή μεταβολή τής ειδικής αντιστάσεως, λόγω των μεγαλύτερων ελαστικών τάσεων πού πιθανόν ύφίσταται αυτή, πριν τόν σεισμό.

Στην περίπτωση ενεργών μεταπτώσεων τά πετρώματα τής μιάς πτέρυγος μπορεί ένδεχομένως νά ύφίστανται σέ διαφορετική ένταση τήν επίδραση τεκτονικών δυνάμεων άπ'ότι τά πετρώματα τής άλλης πτέρυγος, όποτε οι τιμές τής ειδικής αντιστάσεως θά είνai διαφορετικές στις δύο πτέρυγες.

Ο Kisslinger (10) επίσης δέν συνιστά τά ηλεκτρικά profils νά διασχίζουν έγκάρσια τήν ενεργό μετάπτωση, διότι στην περίπτωση αυτή οι μεταβολές τής ειδικής αντιστάσεως θά είνai μικρές, έπειδή τά πετρώματα κοντά στην μετάπτωση είνai ήδη ρωγματομένα, ένω άν τά profils γίνουν από τή μιά πλευρά τής μεταπτώσεως, οι μεταβολές θά παρουσιασθούσέ μή ρωγματομένο από πριν ύλικό.

Τό γεγονός ότι στην περιοχή Palmedale τής Καλιφόρνιας δέν διεπιστώθη συσχέτιση μεταξύ τοπικής σεισμικής ενεργείας καί ειδικής ηλεκτρικής αντιστάσεως του ύπεδάφους, θά μπορούσε ένδεχομένως ν' αποδοθί έν μέρος στο ότι εκεί ή διάταξη των ηλεκτροδίων διέσχιζε έγκάρσια τό πετρώματος καί έδωσαν μία μέση τιμή ειδικής αντιστάσεως $\rho=314 \Omega m$ κατά τούς θερινούς μήνες καί $\rho=297 \Omega m$ κατά τούς βροχερούς (15).

Είνai βέβαια προφανές, ότι άκριβής πρόγνωση ενός σεισμού, από τή εφαρμογή τής προαναφερθείσης μεθόδου, είνai πολύ δύσκολο νά επιτευχθί. Απαιτείται άκόμη μακρόχρονη συστηματική έρευνα όχι μόνον πάνω στο προαναφερθέν γεωηλεκτρικό φαινόμενο, αλλά καί σέ κάθε άλλο φυσικό φαινόμενο πού ύπάρχουν ένδείξεις ότι συνδέεται μέ τούς σεισμούς, όπως μεταβολές στο φυσικό δυναμικό, στή ταχύτητα των σεισμικών κυμάτων, στο μαγνητικό πεδίο καί τό πεδίο βαρύτητας, στην ηλεκτρομαγνητική έκπομπή κ.ά., ώστε μέ τήν διασταύρωση όλων των ένδείξεων, από τήν εφαρμογή των αντίστοιχων γεωφυσικών μεθόδων, νά προκύψη μία κατά τό δυνατόν μονοσήμαντη πρόγνωση.

Εάν σέ μία περιοχή διαπιστωθί ή άνωτέρω σειρά γεγονότων είνai σχεδόν βέβαιο, ότι θά συμβεί ένας σεισμός, διότι δέν είνai δυνατόν ή μάζα του πετρώματος νά ύποστθί όλη αυτή τήν διαδικασία χωρίς στο τέλος νά διαρρηχθί. Δέν είνai όμως γνωστή ή αντίστροφη πορεία, άν δηλαδή κάθε σεισμού προηγείται ή σειρά αυτή φαινομένων.

A CONTRIBUTION TO THE KNOWLEDGE OF THE REASONS OF RESISTIVITY'S CHANGES BEFORE AND AFTER EARTHQUAKES

SUMMARY

Resistivity decrease preceding earthquakes may be explained in the most cases by dilatancy hypothesis.

If the period of preparation for a large earthquake is marked by microfracturing of the mass of rock in the source volume, changes in conductivity will result, depending on the availability of fluids to fill newly created crack porosity. The larger events occur at times of minimal resistivity. But in the case of nearly dry rocks, for the explanation of the resistivity decrease, the dilatancy hypothesis must be completed with additional assumption.

To our opinion, resistivity decrease, observed near the seismic area preceding an earthquake, may be attributed also to local orientation of rock grains normal to the direction of tectonic pressures, i.e parallel to the fault strike, resulting in a kind of temporal shistosity. Thus the rock conductivity will be increased along the shistosity. Resistivity increase following earthquakes may be explained by recovery of rocks to their previous condition, i.e. to failure of the rock grain's orientation normal to formally existing tectonic pressures.

By the application of resistivity method for investigation of earthquakes in order to observe resistivity changes, the electrodes array should be parallel to the active fault, and on the two sides, but never crossing the fault.

Field studies to seek temporal variations in the electrical conductivity give results that offer promise but are not definitive.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1.- Anderson, L.D. and J.H. Whitcomb 1975:Time-dependent Seismology J.G.R., 80/11, 1497-1503.
- 2.- Barsukov, O.M. 1972:Variations of electric resistivity of mountain rocks connected with tectonic causes (Forerunners of strong earthquakes) Tectonophysics, 14, 3/4, 273-277
- 3.- Bornovas, J, Galanopoulos A., Delibasis N., 1971:Seismotectonic map of Greece. Institute for Geology and Subsurface Research.
- 4.- Γαλανόπουλος Α, 1971: Στοιχεία Σεισμολογίας και Φυσικής του έσω-τερικού της γης.
- 5.- Cloos, H, 1936:Einführung in die Geologie. Berlin, Verlag Borntraeger.
- 6.- Δρακόπουλος, Ι, 1980: Τό πρόβλημα της προγνώσεως των σεισμών. Γεωλόγος, "Έτος Ε", τεύχος 3 και 4, σ.7-10.
- 7.- Griggs D, 1936:Deformations in rocks under high confining pressure. I. Experiments at room temperature. The Journal of Geology. Vol XLIV, No 5, p.541-577.
- 8.- Hanks, C.TH., 1974:Constraints on the dilatancy diffusion model of earthquake mechanism. J.G.R., 79/10, 3023-3025.
- 9.- Keller, V.G. 1971:Electrical studies of the crust and upper mantle. Geophysical monograph 14, Amer. Geoph. Union, 107-125.
- 10.- Kisslinger C, 1974:Earthquake prediction. Variations in physical properties such as electrical conductivity and elevation of benchmarks may foretel not just the place but also the time and magnitude of an earthquake. Physics Today, March, Geophysics p. 36-42.
- 11.- Kunetz, G, 1966:Principles of direct current resistivity prospecting. Berlin, Gebrüder, Borntraeger.
- 12.- Mazzela, A. and H.F. Morrison 1974:Electrical resistivity variations associated with earthquakes on the San Andreas Fault Science, 185, 855-857.
- 13.- Οικονόμου Α. 1984. Παρατηρήσεις πού άφοροϋν τήν δυνατότητα εφαρμογής τών γεωηλεκτρικών μεθόδων στην έρευνα για τήν πρόγνωση τών σεισμών. Ανακοίνωση στην Έλλην. Γεωλ. Έταιρεία, 27-1-1984.
- 14.- Raleigh, B., Gordon, Grain, Hanks, Molnar, Nur, Savage, Scholz, Turner and Wu 1977:Prediction of the Haicheng Earthquake (China) Trans. Amer. Geoph. Un. (E.O.S.) , 58/5, 236-272.
- 15.- Searls, Cr. 1978:Changes in crustal resistivity near Palmedale, California. Geoph. Res. Letters, 5/11, 928-930.
- 16.- Scholz, CH-Sykes, L.R.-Aggarwal, Y.P. 1973:Earthquake prediction:A physical basis. Science, 181. p. 803-808.
- 17.- Scholz, H.C. and Kranz, R. 1974:Notes on dilatancy recovery. J.G.R., 79/14, 2132-2135.
- 18.- Wang, Y.C., R.E. Goodman, H.F. Morrison 1975:Electrical resistivity of granite in frictional sliding:Application to earthquake prediction. Geoph. Res. Letters, 2/12, 525-528.