

ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΥΠΕΡΥΘΡΗΣ ΡΕΦΛΕΚΤΟΓΡΑΦΙΑΣ ΣΤΗ ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΒΥΖΑΝΤΙΝΩΝ ΕΙΚΟΝΩΝ

Αρχή της μεθόδου - εφαρμογές.

Από το σύνολο των φυσικοχημικών μεθόδων μελέτης των ζωγραφικών έργων τέχνης, αναμφισβήτητα ξεχωρίζουν εκείνες με τη βοήθεια των οποίων συλλέγονται πολύτιμες πληροφορίες σχετικές με την αποκάλυψη της μικροστροματογραφικής δομής, της τεχνολογίας κατασκευής και τον εντοπισμό μη ορατών νεώτερων ή παλαιότερων επεμβάσεων στο αισθητικό αποτέλεσμα, αξιοποιώντας τη φυσικοχημική συμπεριφορά των υλικών κατασκευής υπό την επίδραση ακτινοβολιών διαφορετικού μήκους κύματος. Στην προκειμένη λοιπόν περίπτωση δεν υπάρχει η επιτακτική ανάγκη της δειγματοληψίας, απόλυτα απαραίτητης στις περιπτώσεις εφαρμογής ενός πλήθους χημικών και φυσικών μεθόδων ανάλυσης των έργων τέχνης.

Σε παλαιότερες εργασίες (1,2,3) έχει ήδη περιγραφεί η ερευνητική μεθοδολογία όλων σχεδόν των «μη καταστρεπτικών» αυτών μεθόδων, των οποίων η εφαρμογή περιλαμβάνει τη χρήση διαφόρων ηλεκτρομαγνητικών ακτινοβολιών, όπως της υπέρυθρης, ορατής, υπεριώδους, ακτίνων Χ, ακτίνων γ, κ.λ.π.

Στην κατηγορία αυτή ανήκει η μέθοδος της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας, η οποία προτάθηκε, στη μορφή που είναι σήμερα, σαν εργαλείο έρευνας και παρατήρησης των ζωγραφικών έργων τέχνης, στις αρχές της περασμένης δεκαετίας από τον VAN ASPEREN DE BOER (4,5). Έκτοτε η μέθοδος θελιώνεται τεχνολογικά, δεδομένου ότι περιλαμβάνει ηλεκτρονικά και οπτικά μέρη, των οποίων η εξέλιξη ακολουθεί την αλματώδη πρόοδο των τελευταίων χρόνων στον τομέα αυτό. Ωστόσο δεν υπάρχουν ακόμα αρκετά ερευνητικά αποτελέσματα από την εφαρμογή της μεθόδου αυτής σε έργα εικαστικής τέχνης, στα οποία η χρήση των χρωστικών αποτελεί το βασικό στοιχείο αισθητικής έκφρασης, πολύ δε περισσότερο σε έργα βυζαντινής και μεταβυζαντινής περιόδου, όπως είναι οι εικόνες, για τις οποίες ελάχιστες εργασίες φυσικοχημικής έρευνας έχουν μέχρι τώρα δει το φως της δημοσιότητας (1-3, 6-8).

Η μέθοδος της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας παρουσιάζει αναμφισβήτητα πλεονεκτήματα συγκριτικά με τις υπόλοιπες μεθόδους της ίδιας κατηγορίας. Επιτρέπει τη σύγχρονη παρατήρηση της ορατής και υπέρυθρης εικόνας δεδομένου ότι:

- α. παρέχει εύκολα και γρήγορα πληροφορίες που συνδέονται με μία κατ' αρχήν ταυτοποίηση των χρωστικών των πρώτων χρωματικών στρωμάτων,
- β. δίνει τη δυνατότητα ανίχνευσης του αρχικού σχεδιαστικού σκαριφήματος – αν υπάρχει – ή των αρχικών σταδίων της δημιουργικής κατασκευαστικής διαδικασίας, δεδομένου ότι έχει τη δυνατότητα επέκτασης σε βάθος της πληροφορίας που προέρχεται από την προετοιμασία μέχρι τα επιφανειακά χρωματικά στρώματα, προσεκτιμώντας έτσι, τα όρια αξιοποίησης της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας μήκους κύματος από 750 nm μέχρι και τα 2200 nm (υπέρυθρη περιοχή),
- γ. παρέχει τη δυνατότητα συλλογής και αξιοποίησης της ακτινοβολίας κατά στρώματα με χρήση ειδικών φίλτρων, που επιτρέπουν την καταγραφή της υπέρυθρης εικόνας προερχομένης από ολόένα αυξανόμενο βάθος,
- δ. οι συλλεγόμενες πληροφορίες αφορούν σχεδόν αποκλειστικά στα χρωματικά

στρώματα και οπωσδήποτε δεν συγχέονται με εκείνες που προέρχονται από τα φέροντα στοιχεία (όπως π.χ. το ξύλο ή ο καμβάς), πράγμα που συμβαίνει αναγκαστικά στις ακτινογραφίες,

ε. ανιχνεύει και εντοπίζει νεώτερες ή παλαιότερες επιζωγραφήσεις, παντοειδείς επεμβάσεις ή ακόμα και αλλαγές στη χρωματική ή σχεδιαστική σύνθεση κάτω από τα επιφανειακά χρωματικά στρώματα. Κυρίως όμως,

στ. συνδέεται με κατάλληλο σύστημα μαθηματικής επεξεργασίας της υπέρυθρης ηλεκτρονικής εικόνας με τη βοήθεια ηλεκτρονικών υπολογιστών, έτσι ώστε να πολλαπλασιάζονται οι δυνατότητες ερμηνείας του οπτικού αποτελέσματος, παρέχοντας ένα τεράστιο πλήθος αξιόλογων συμπερασμάτων των οποίων η συλλογή πριν από λίγα χρόνια θα φαινόταν τουλάχιστον αδιάνθητη.

Αθηνά Αλεξοπούλου*, Γιάννης Χρυσουλάκης*, Νανώ Χατζηδάκη**

* Εργαστήριο Φυσικοχημείας και Εφ. Ηλεκτροχημείας, Ε.Μ. Πολυτεχνείο, ** Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

Αρχή της μεθόδου

Η μέθοδος της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας, όπως άλλωστε και αυτή της υπέρυθρης φωτογραφίας [1,2,3,9,10] εκμεταλλεύεται τη διαοδντική ικανότητα των υπέρυθρων ακτίνων δια μέσου των χρωματικών στρωμάτων, πολλαπλασιάζοντας έτσι τη δυνατότητα της όρασης και της παρατήρησης στο εσωτερικό των δομικών στοιχείων κατασκευής ενός ζωγραφικού έργου τέχνης. Η ιδιότητα αυτή της υπέρυθρης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, της οποίας το μήκος κύματος εκτείνεται από τα 750 nm μέχρι περίπου 2200 nm (υπέρυθρη περιοχή) [2,10], συνδέεται άμεσα με τις οπτικές παραμέτρους που ελέγχουν και προσδιορίζουν την οπτική συμπεριφορά των χρωστικών. Στις παραγράφους που ακολουθούν γίνεται αφ' ενός μία σύντομη αναφορά στις παραμέτρους αυτές και αφ' ετέρου μια απλή περιγραφή των οπτικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κατά την εφαρμογή της μεθόδου που μελετάται.

Με τον όρο χρωματικό στρώμα θεωρούμε μια λεπτή στρώση ενός ή περισσότερων έγχρωμων υλικών διασπαρμένων υπό τη μορφή μικρών κόκκων σε κάποιο οργανικό μέσο (φορέα), υποκειμένη ενός υποστρώματος (προεπιπέδου). Όταν κάποια υπέρυθρη ακτινοβολία προσπίσει στην επιφάνεια ενός τέτοιου χρωματικού στρώματος, τότε ένα μέρος της ανακλάται στην εσωτερική διεπιφάνεια αέρα-χρωματικού στρώματος, ενώ το υπόλοιπο εισχωρεί στο εσωτερικό του, όπου αφ' ενός σκεδάζεται (διαχέεται) και αφ' ετέρου απορροφάται σε μικρό ή μεγάλο βαθμό κυρίως από τους κόκκους της χρωστικής, δεδομένου ότι η απορ-

ρόφηση από τον οργανικό φορέα σ' αυτήν την περιοχή του φάσματος είναι αμελητέα. Η ικανότητα διεόδνσης των υπέρυθρων ακτίνων είναι άμεσα συνδεδεμένη με το βαθμό απορρόφησης και σκέδασης της ακτινοβολίας στο εσωτερικό του χρωματικού στρώματος. Αυτό εκφράζεται ποσοτικά με δύο χαρακτηριστικές για το χρωματικό στρώμα παραμέτρους, το συντελεστή απορρόφησης K και το συντελεστή σκέδασης S [4,11] των οποίων η τιμή εξαρτάται από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας και από το είδος της χρωστικής.

Γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι όσο μικρότερη τιμή έχουν οι συντελεστές σκέδασης και απορρόφησης, γεγονός που ισχύει για τα μεγάλα μήκη κύματος (νόμος του RAYLEIGH) [12]), τόσο οι υπέρυθρες ακτίνες διεοδύουν σε μεγαλύτερα βάθη. Η ικανότητα διεοδύσης εξαρτάται επίσης από την κατ' όγκο συγκέντρωση της χρωστικής στο μέσο και από το πάχος του χρωματικού στρώματος. Κάθε χρωματικό στρώμα χαρακτηρίζεται – για ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος – από ένα οριακό πάχος που καλείται πάχος επικάλυψης X_D (hiding thickness) και αντιστοιχεί στο ελάχιστο δυνατό πάχος χρωστικής που είναι απαραίτητο για την πλήρη κάλυψη ενός υποκειμένου σχεδίου ή μιας αρχικής ζωγραφικής σύνθεσης. Το πάχος επικάλυψης X_D μπορεί να υπολογιστεί για κάθε χρωστική που βρίσκεται υπό τη μορφή χρωματικού στρώματος από μαθηματικές εξισώσεις που λαμβάνουν υπ' όψη τις οπτικές παραμέτρους του χρωματικού στρώματος, όπως τους συντελεστές σκέδασης (S) και απορρόφησης (K) και τους συντελεστές ανακλαστικής ικανότητας χρωματικού στρώματος

(R_D) και υποστρώματος (R_B) [4,5,11,13,14,15].

Η υπέρυθρη λοιπόν ακτινοβολία μπορεί να διαπεράσει ένα χρωματικό στρώμα πάχους X όπου $X < X_D$, ν' ανακλασθεί στη συνέχεια στην εσωτερική διεπιφάνεια χρωματικού στρώματος - υποστρώματος και ακολουθώντας την αντίστροφη πορεία να εξέλθει στον αέρα, όπου «συλλέγεται» από κατάλληλο σύστημα ανίχνευσης. Λέμε τότε, ότι το χρωματικό στρώμα δεν «καλύπτει» το υπόστρωμα. Ωστόσο, θα πρέπει να σημειωθεί εδώ, ότι η παρατήρηση του σκαριφήματος ή της αρχικής ζωγραφικής σύνθεσης γίνεται δυνατή υπό την προϋπόθεση ότι αφ' ενός δεν υπάρχει οσφής διαφορά στην τιμή της ανακλαστικής ικανότητας χρωματικού στρώματος και υποστρώματος και αφ' ετέρου το σύστημα ανίχνευσης που διαθέτουμε είναι ικανό να «διακρίνει» και να καταγράψει τη διαφορά αυτή.

Σύστημα ανίχνευσης της ανακάλυπτης υπέρυθρης ακτινοβολίας

Η ανίχνευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας που τελικά εξέρχεται μετά από την «οπτική περιπέτεια» συνεχών σκεδάσεων και απορροφάσεων στο εσωτερικό των χρωματικών στρωμάτων, πραγματοποιείται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού συστήματος που μετατρέπει τη μη ορατή αυτή ακτινοβολία σε οπτική εικόνα υψηλής ποιότητας, απλά και συγκριτικά με εκείνη που παρέχει ένα φωτογραφικό φιλμ στην ορατή περιοχή του φάσματος.

Το σύστημα αποτελείται από μία κάμερα, που περιλαμβάνει σωληνά στερεού ανιχνευτή θείουχου μολύβδου ή μίγματος θείουχου μολύ-



1. «Σταύρωση» Εικόνα με τρία στρώματα ζωγραφικής (9ος, 10ος, 13ος αι.). Φωτογραφία στο ορατό.



2. «Παναγία Βρεφκρατούσα». Εικόνα προερχόμενη από τη Βέροια, του 14ου αι. Φωτογραφία στο ορατό.

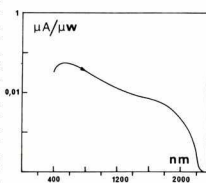
θδου και οξειδίου του μολύβδου (vidicon) με δυνατότητα ανίχνευσης ακτινοβολιών μήκους κύματος μέχρι περίπου τα 2200 nm, και από μια οθόνη υψηλής διακριτικής ικανότητας (monitor).

Η ανακλώμενη υπέρυθη ακτινοβολία δημιουργεί στη φωτοευαίσθητη επιφάνεια του σωλήνα μία λαμβανόμενη οπτική εικόνα, η οποία μετατρέπεται με ηλεκτρονικό τρόπο σε ροή ηλεκτρονίων, της οποίας η πυκνότητα είναι ανάλογη της φωτεινής έντασης. Η ηλεκτρονική αυτή πληροφορία μετασχηματίζεται στη συνέχεια σε οπτική αναλογική εικόνα στη φθορίζουσα οθόνη του monitor. Έτσι γίνεται δυνατή η μετατροπή της ανακλώμενης ακτινοβολίας και κατά συνέπεια του συνόλου των πληροφοριών που μεταφέρει, σε ορατή εικόνα, της οποίας οι διακυμάνσεις των τόνων του γκριζού σχετίζονται άμεσα με τις οπτικές ιδιότητες (βαθμός ανακλαστικότητας - απορρόφησης) των χρωστικών. Πρέπει να σημειωθεί εδώ ότι ο σωλήνας ανίχνευσης που χρησιμοποιείται είναι δυνατόν να καταγράφει επίσης γεγονότα που συμβαίνουν στην ορατή περιοχή του φάσματος. Για το λόγο αυτό κρίνεται απαραίτητη η χρήση φίλτρων που απορροφούν οποιαδήποτε πληροφορία της ορατής περιοχής, όπως το φίλτρο 092 της B+W, έτσι ώστε το οπτικό αποτέλεσμα να περιλαμβάνει πληροφορίες της υπέρυθρης περιοχής και μόνον

εκείνες που συνδέονται με την εσωτερική στρωματογραφική δομή της επιφάνειας που μελετάται.

Πειραματική διάταξη

Για τους σκοπούς της εργασίας αυτής, χρησιμοποιήθηκε υπέρυθη κάμερα HAMAMATSU με φακό 2,8/55 mm micro και σωλήνα ανίχνευσης N214-02 του οποίου η φασματική απόκριση φαίνεται στο σχήμα 1. Για το φωτισμό της προς μελέτη επιφάνειας χρησιμοποιήθηκαν δύο λάμπες βολφραμίου 250 Watt η κάθε μια που εκπέμπουν επίσης και στην περιοχή από 700 nm μέχρι 2200 nm. Οι τιμές αυτές οριοθετούν την φασματική ευαισθησία του σωλήνα που χρησιμοποιήθηκε.



Σχ. 1: Φασματική απόκριση του σωλήνα N214-02 της HAMAMATSU

Η υπέρυθη εικόνα παρατηρήθηκε στη φθορίζουσα οθόνη ενός monitor της HAMAMATSU με οριζόντια διάσταση 700 γραμμές, ενώ μπροστά από το φακό της κάμερας τοποθετήθηκε το υπέρυθρο φίλτρο 87C της KODAK, με σκοπό να απορροφηθεί η ακτινοβολία της ορατής περιοχής του φάσματος και κατά συνέπεια οποιαδήποτε πληροφορία προερχόταν από την περιοχή αυτή.

Εφαρμογή της μεθόδου - Παραδείγματα

Με σκοπό να επιβεβαιώσουμε την αξία της μεθόδου και να αναδείξουμε τις διαγνωστικές δυνατότητες της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας σε ότι αφορά την ανίχνευση των φθορών, επιζωγραφίσεων, παλαιότερων επεμβάσεων, αρχικών σχεδίων και την ταυτοποίηση των χρωστικών των επιφανειακών χρωματικών στρωμάτων, παρουσιάσαμε στη συνέχεια ορισμένα παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου σε συγκεκριμένες εικόνες βυζαντινής και μεταβυζαντινής περιόδου, που ανήκουν στην συλλογή του Βυζαντινού Μουσείου Αθηνών.

Στο σημείο αυτό θεωρούμε ότι είναι ίσως η καταλληλότερη στιγμή να τονισθεί ιδιαίτερα ο χαρακτήρας της «φαινομενικά» ίσως «βαρβαρής» εισβολής μας ερευνητικής μεθοδολογίας από τον χώρο των βετικών



3. «Άγιος Γεώργιος» του 14ου αι. Φωτογραφία στο ορατό.



4. «Σταύρωση» του 18ου αι. Φωτογραφία στο ορατό.

επιστημών στην προσπάθεια αναζήτησης της ιστορικής αλήθειας. Πιστεύουμε ακρόδηντα – και αυτό δεν έχει οπωσδήποτε μορφή απολογίας – ότι η συνεισφορά της συγκεκριμένης μεθόδου εξυπηρετεί αποτελεσματικά τους σκοπούς της ιστορικής έρευνας, αποκαλύπτοντας με σεβασμό προς τον λειτουργικό χαρακτήρα της εικόνας, πολύτιμα στοιχεία ικανά να συμβάλλουν τόσο στην μελέτη του «δείγματος γραφής» στο έργο του καλλιτέχνη δημιουργού όσο και στον προσδιορισμό της πορείας της βυζαντινής αγιογραφίας μέχρι σήμερα.

Τα παραδείγματα που επιλέχθηκαν εξυπηρετούν αναμφίβολα τους στόχους αυτής της μελέτης πρόκειται για:

- την «Σταύρωση» με τρία στρώματα ζωγραφικής (9ος, 10ος, 13ος αι.), (εικ. 1),
- την «Παναγία Βρεφοκρατούσα» του 14ου αι., (εικ. 2),
- τον «Άγιο Γεώργιο» του 14ου αιώνα (εικ. 3) και
- την «Σταύρωση» του 18ου αι., (εικ. 4).

Οι τέσσερις εικόνες που παρουσιάζονται εδώ βρίσκονται όλες στο Βυζαντινό Μουσείο Αθηνών, ανήκουν σε διαφορετικές εποχές και προέρχονται από διαφορετικά καλλιτεχνικά κέντρα.

Η εικόνα της «Σταύρωσης», (εικ. 1), είναι ζωγραφισμένη σε τρεις διαφορετικές εποχές [16.17] Η εικονογρα-

φία της προσαρμόστηκε στις εικονογραφικές συνθέσεις κάθε εποχής. Αρχικά ο Χριστός παριστάνεται ζωντανός επάνω στο Σταύρο, με μάτια ανοιχτά και με το σώμα άκαμπτο, όπως συνηθιζόταν ως τον 9ο αι. Στο πρώτο αυτό στρώμα ανήκει και το μικρό χέρι του Ιωάννη που φαίνεται κάτω από το νεώτερο στρώμα. Στο 10ο αι., ζωγραφίστηκαν τα άστρα επάνω στο κίτρινο βάθος της εικόνας. Στο 13ο αι., έγινε τέλος σημαντική επιζωγράφηση της αρχικής μορφής του Χριστού, που προσαρμόστηκε στον εικονογραφικό τύπο του Εσταυρωμένου που επικρατεί πλέον αυτή την εποχή. Παριστάνεται νεκρός επάνω στο Σταύρο με το κεφάλι να γέρνει στον ώμο, τα μάτια κλειστά και το σώμα σε έντονη κόμψη. Τότε επιζωγραφίστηκαν οι μορφές του Ιωάννη και της Παναγίας στα πλάγια σε μεγαλύτερη όμως κλίμακα, και ο Ιωάννης σε διαφορετική θέση, με το χέρι να ακουμπά επάνω στο μάγουλο. Το τελευταίο αυτό στρώμα έχει τεχνολογικά χαρακτηριστικά που το εντάσσουν στη σειρά εικόνων που έγιναν σε φραγκοκρατούμενες περιοχές, με έντονη επίδραση της ιταλικής ζωγραφικής.

Η εικόνα της «Παναγίας Βρεφοκρατούσας» προέρχεται από τη Βέρροια –έχει τα τεχνολογικά χαρακτηριστικά εικόνων της περιοχής αυτής της Μακεδονίας– και μπορεί να χρονολογηθεί στο τέλος του 14ου αι. Χαρακτηρίζεται από αδρά περι-

γράμματα που τονίζουν την απειρητότητα της έκφρασης και λιτότητα στα χρώματα, όπου κυριαρχεί το κόκκινο, το καστανό και το γαλάζιο επάνω σε ασημένιο βάθος.

Η εικόνα με τον Άγιο Γεώργιο, προέρχεται από τα κειμήλια των προσφών της Μικράς Ασίας [18]. Στην τεχνολογία της προσεγγίζει τα κλασικίζοντα πρότυπα της Κωνσταντινούπολης και χρονολογείται στο δεύτερο μισό του 14ου αι.

Τέλος, η παράσταση της «Σταύρωσης» (εικ. 4) βρίσκεται στην πίσω όψη εικόνας με την «Παναγία Βρεφοκρατούσα» στην κύρια όψη ζωγραφισμένη τον 14ο αι. και προέρχεται από τη Θεσσαλονίκη. Η «Σταύρωση» έχει ζωγραφισθεί το 18ο αι., σύμφωνα με την τεχνολογία που συναντούμε σε σειρά εικόνων που προέρχονται από τη Βόρεια Ελλάδα και το Άγιο Όρος.

Η εφαρμογή της υπέρβουρης ρεφλεκτογραφίας στις εικόνες που ήδη παρουσιάστηκαν, οδήγησε στις παρακάτω παρατηρήσεις:

α. Διαπιστώθηκε η ύπαρξη επιζωγραφίσεων στην πρώτη εικόνα της «Σταύρωσης» (9ος, 10ος, 13ος αι.) κυρίως στην περιοχή του προσώπου του Χριστού στο ιμάτιο του Ιωάννη (εικ. 5 και 6 αντίστοιχα). Είναι χαρακτηριστική η παρουσία του ίδιου μιάς δεύτερης μύτης στο πρόσωπο του Χριστού, κάτω από το ορατό χρωματικό στρώμα, με κλίση διαφορετική από αυτήν που φαίνεται επι-



5. «Σταύρωση» του 9ου αι. Λεπτομέρεια της κεφαλής του Χριστού στην υπέρυθρη περιοχή.



6. «Σταύρωση» του 9ου αι. Λεπτομέρεια του μπιού του Ιωάννη στην υπέρυθρη περιοχή.



7. «Σταύρωση» του 9ου αι. Λεπτομέρεια του Σώματος του Χριστού στην υπέρυθρη περιοχή.

φανειακά. Η ύπαρξη παλαιότερης παράστασης κάτω από τα επιφανειακά χρωματικά στρώματα επιβεβαιώνεται εξ άλλου με την αποκάλυψη μιας δεύτερης μορφής (διακρίνεται η κεφαλή και το φωτιστέφανο, εικ. 6) στο ύψος του αριστερού χεριού του Ιωάννη, γεγονός που εξηγεί άλλωστε την παρουσία του μικρού χεριού που φαίνεται να εξέρχεται αριστερά από το ψάτιο του Ιωάννη.

6. Με την έρευνα αυτή αναδεικνύεται η σημασία του προκαταρκτικού σχεδίου που ο ζωγράφος εκτελούσε επάνω στην προετοιμασία, στις διάφορες φάσεις της ζωγραφικής της εικόνας. Πράγματι, στην πρώτη αυτή εικόνα της «Σταύρωσης» διακρίνεται σχέδιο χαραγμένο κυρίως στην περιοχή του σώματος του Χριστού (εικ. 7), που αντιστοιχεί σε προηγούμενες φάσεις της ζωγραφικής πιθανότατα της ίδιας χρονικής περιόδου. Η διαφάνεια των επιφανειακών χρωματικών στρωμάτων στην υπέρυθρη ακτινοβολία επέτρεψε ακόμα να γίνουν ορατά με σαφέστερο τρόπο τα περιγράμματα στο πρόσωπο του Χρι-

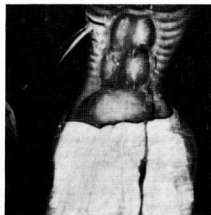
στού και της Παναγίας στην εικόνα της «Παναγίας Βρεφοκρατούσας» του 14ου αι., (εικ. 8). Το σχέδιο επάνω στην προετοιμασία φανερώνει πιθανότατα προηγούμενες προσπάθειες του ζωγράφου με σκοπό την καλύτερη απόδοση των μορφών του Χριστού και της Παναγίας, εφόσον δεν έχει διαπιστωθεί επιζωγράφηση επάνω σε παλαιότερο στρώμα ζωγραφικής.

Τέλος, έγινε δυνατή η αποκάλυψη ενός αρχικού σχεδίου - «δομικού στοιχείου» των χιτώνων ή του περιζώματος του Χριστού στην περίπτωση της «Σταύρωσης» του 18ου αι., (εικ. 9, 10, 11).

Υ. Η μεγάλη διαφάνεια που παρουσιάζει η μπλε χρωστική με την οποία αποδίδεται το χρώμα του χιτώνα του Ιωάννη, καθώς επίσης και αυτό του εσωτερικού ρούχου της Παναγίας στην εικόνα της «Σταύρωσης» του 18ου αι., (εικ. 9 και 10 αντίστοιχα) δηλώνει κατά τρόπο σαφή, ότι και στις δύο περιπτώσεις χρησιμοποιήθηκε η ίδια χρωστική. Πρόκειται κατά πάσα πιθανότητα για την ανόρ-

γαν ορυκτή χρωστική λαζούρι (lapis lazouli), δεδομένου ότι από τις μπλε χρωστικές (αζουρίτης, indigo) που χρησιμοποιούνται επίσης στη βυζαντινή και μεταβυζαντινή ζωγραφική [2,3,6-8,19,20] αυτή παρουσιάζει το μικρότερο βαθμό απορρόφησης στην υπέρυθρη περιοχή (25%) [21].

Αντίθετα διαπιστώθηκε η χρήση του αζουρίτη, ανόργανης επίσης χρωστικής, που παρουσιάζει τη μικρότερη διαφάνεια στην υπέρυθρη ακτινοβολία, στην απόδοση του μπλε χρώματος του θώρακα του Αγίου Γεωργίου στην αντίστοιχη εικόνα (εικ. 12). Από τις κόκκινες και καφέ κόκκινες χρωστικές που χρησιμοποιούνται στη βυζαντινή ζωγραφική, το κιννάβαρι ταυτοποιείται σχετικά εύκολα, δεδομένου ότι παρουσιάζει το μικρότερο ποσοστό απορρόφησης (περίπτωση του κόκκινου μανδύα του Αγ. Γεωργίου, εικ. 12). Αντίθετα, ο βαθμός απορρόφησης των γαυδών χρωμάτων (ώχρες, σιέννες κ.λ.π.), ιπλάτι διαδεδομένων στη βυζαντινή τέχνη, ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτι-



9, 10, 11. «Σταύρωση» του 18ου αι. Λεπτομέρεια του χιτώνα του Ιωάννη, της Παναγίας και του περιζώματος του Χριστού, αντίστοιχα, στην υπέρυθρη περιοχή.



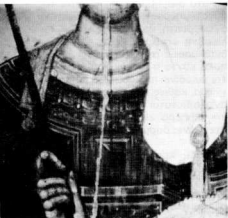
8. «Παναγία Βρεφοκρατούσα» του 14ου αι. Λεπτομέρεια στην υπέρυθρη περιοχή.

κόητά τους σε αιματίτη (οξειδίο του σιδήρου), έτσι ώστε να παρουσιάζουν όλες τις διαβαθμίσεις των τόνων του γκρι, από τις ανοικτότερες (περίπτωση περιζώματος του Χριστού, εικ. 11) μέχρι τις σκουρότερες (περίπτωση του ιματίου της Παναγίας, εικ. 13).

Συμπεράσματα

Όπως ήδη επιστημονήκε στο εισαγωγικό κείμενο, η μέθοδος της υπέρυθρης ρεφλεκτογραφίας συγκαταλέγεται μεταξύ των μη καταστρεπτικών μεθόδων ανάλυσης, ως εκ τούτου παρουσιάζει ιδιαίτερη ερευνητική αξία.

Το πλήθος και η αξία των συλλεγομένων παρατηρήσεων (αποκάλυψη αρχικού σχεδιαστικού σκαριφήματος, επιγραφισμάτων, επεμβάσεων, η κατ' αρχήν αυτοποίηση των χρωστικών κ.λ.π.), όπως ήδη διαπιστώθηκε από τα παραδείγματα που παρουσιάστηκαν, προσδίδουν στην μέθοδο κάποιο χαρακτήρα αυτονομίας.



12. «Άγιος Γεώργιος» του 14ου αι. Λεπτομέρεια του θώρακα στην υπέρυθρη περιοχή.

Το πλεονέκτημα αυτό αν συνδυαστεί με την σχετικά χαμηλή τιμή των εύκολα μεταφερόμενων συσκευών των στοιχείων της, καθιστά απόλυτα απαραίτητη τη χρησιμοποίηση της μεθόδου σε κάθε ερευνητικό εργαστήριο.

Τέλος, η δυνατότητα της επεξεργασίας και της συγκριτικής μελέτης της πληροφορίας που συλλέγεται από ακτινοβολίες διαφόρων μηκών κύματος της ορατής και υπέρυθρης περιοχής, αποτελεί καθοριστικό στοιχείο επιλογής της μεθόδου προκειμένου ν' αποτελέσει είτε μόνη της είτε σε συνδυασμό με άλλες του χώρου των θετικών ή των θεωρητικών επιστημών αξιόπιστο ερευνητικό εργαλείο, στην προσπάθεια προσέγγισης της «ιστορίας» του έργου τέχνης από τη γέννησή του μέχρι σήμερα.

Ευχαριστούμε θερμά το Βυζαντινό και Χριστιανικό Μουσείο Αθηνών για την παραχώρηση των εικόνων που μελετήθηκαν και για την κάθε είδους βοήθεια που προσέφερε στην πραγματοποίηση αυτής της εργασίας.

Βιβλιογραφία

1. Γ. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Ζυγός Νο 35, Μάιος-Ιούνιος 1979, σελ. 7-15.
2. Γ. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Κ. ΜΠΑΡΛΑΣ, Τριμηνιαία Επιστημονική Έκδοση ΤΕΕ 3/1979
3. Γ. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Κ. ΜΠΑΡΛΑΣ Αρχαιολογία, τεύχος 3, Μάιος 1982, σελ. 80-86.
4. J.R.G. VAN ASPEREN DE BOER, Διδακτορική Διατριβή, Amsterdam 1970.
5. C. LANHANIER, C. DE COUESSIN, Ελληνολογικό Δίημερο Μελέτης (Πρακτικά) Αθήνα 1983, σελ. 79-96.
6. Γ. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Ν. ΧΑΤΖΗΔΑΚΗ, Ελληνολογικό Δίημερο Μελέτης (Πρακτικά) Αθήνα 1983, σελ. 171-185.



13. «Σταύρωση» του 18ου αι. Λεπτομέρεια του περιζώματος του Χριστού και του ιματίου της Παναγίας αντίστοιχα, στην υπέρυθρη περιοχή.

7. Γ. ΧΡΥΣΟΥΛΑΚΗΣ, Β. ΠΕΡΙΔΙΚΑΤΣΗΣ, Χ. ΜΠΑΚΙΡΤΖΗΣ, Ελληνολογικό Δίημερο Μελέτης (Πρακτικά) Αθήνα 1983, σελ. 195-222

8. Μ. ΚΑΛΑΜΙΩΤΟΥ, Σ.Ε. ΦΙΛΙΠΠΑΚΗΣ, Ελληνολογικό Δίημερο Μελέτης (Πρακτικά) Αθήνα 1983, σελ. 289-301.

9. INFRARED AND ULTRAVIOLET PHOTOGRAHY, KODAK No M-27, M-28, 1972.

10. H. LOU GIBSON, Photography by Infrared, John Wiley and Sons, N. York, Chichester, Brisbane, Toronto 1978.

11. J.R.G. VAN ASPEREN DE BOER, Applied Optics Vol. 7 No 9, Sept. 1968 p. 1711-1714.

12. Μαθήματα Φυσικής Πανεπιστημίου BERKELEY, Αθήνα 1979.

13. S.E. ORCHARD, J. Oil. Col. Chem. Assoc. 1968 51 p. 44-60.

14. S. REES JONES, Bulletin of the Institut of Physics, Vol. 11, June 1960.

15. D.G. PHILLIPS, F.W. BILLMEYER, Journal of Coatings Technology Vol. 48, No 616, May 1976.

16. Μ. ΣΩΤΗΡΙΟΥ, Δ.Χ.Α.Ε., Α' 1959, σελ. 135-143, πιν. 54-57.

17. Τ. ΜΑΡΓΑΡΙΤΙΦ, Δ.Χ.Α.Ε., Α' 1959, σελ. 144-148.

18. Κεφάλια Προσφύγων, Κατάλογος Έκθεσης, Χριστιανικό και Βυζαντινό Μουσείο Αθηνών, Αθήνα 1982.

19. ΔΙΟΝΥΣΙΟΥ Ιερομονάχου εκ Φουρνά των Αγράφων, Ερμηνεία των Ζωγραφών ως προς την Εκκλησιαστική Ζωγραφία, Δεύτερη Έκδοση 1885.

20. Φ. ΚΟΝΤΟΓΛΟΥ, Έκφρασις, Α' τόμος, Αθήνα 1960.

21. L. FALLANT-DUMAS, Bulletin du Laboratoire du Musée du Louvre (1968) p. 32-45.

The Contribution of Infrared Reflectography to the Physicochemical Study of Byzantine Icons.

A. Alexopoulou - G. Chrysoulakis, N. Chatzidakis

The article deals with the advantages and diagnostic possibilities of the non-destructive method of infrared reflectography, a useful tool for the physicochemical study of Byzantine icons.

The principle of the method — with some reference to the visual behaviour of the pigment layers as regards the infrared radiation — and the equipment used for its application are also described.

The application of this method to four especially chosen Byzantine icons of the Byzantine Museum of Athens showed the existence of damages and overpaintings as well as the artist's initial drawing on the ground preparation; it also led to an approximate identification of the pigments used in the successive layers of the painting.