



Κάτω από τις ψηφίδες ξεχωρίζει το σχέδιο επάνω στο κονίαμα.

Τό ψηφιδωτό II

Στη ρωμαϊκή εποχή αρχίζουν να φιλοτεχνούνται διάφορα είδη ψηφιδωτών, τό καθένα με τή δική του όνομασία, όπως είδαμε στό προηγούμενο τεύχος. Τότε και οί τεχνίτες έξειδικεύονται, αποκτώντας και αυτοί ιδιαίτερο όνομα. Συγχρόνως, τά υλικά πού χρησιμοποιούν γίνονται πιά έξεζητημένα και ή πολυχρωμία των έργων πλουτίζεται.

Δημήτρης Χρυσόπουλος

Συντηρητής

Γιά να κατασκευαστεί ένα ψηφιδωτό, έπρεπε πρώτα να σχεδιαστεί. Ο *pictor imaginarius*, ό ζωγράφος, τό σχεδίαζε επάνω σε χαρτόνι και σημειώνει τά χρώματα πού θα τοποθετούσε ό ψηφοθέτης. Τό σχέδιο αυτό μεταφερόταν κατόπιν στην επιφάνεια πού θα διακοσμούσε τό ψηφιδωτό — τοίχο ή δάπεδο — σε σμίκρυνση ή μεγέθυνση ή ακόμα με άραίωση ή πύκνωση του θέματος, σύμφωνα με τίς

ανάγκες τής επιφάνειας. Τήν εργασία αυτή έκτελούσε ό *pictor parietarius*. Συχνά, εκτός από τό περίγραμμα του θέματος χρωμάτιζε τό υπόστρωμα, επάνω στο όποιο ό επόμενος τεχνίτης θα τοποθετούσε τίς ψηφίδες. Στη συνέχεια, ό *musivarius*, καλλιτέχνης ή λαϊκός τεχνίτης, έκτελούσε τό ψηφιδωτό στους τοίχους, τίς άψίδες και τούς τρούλλους και ό *tesselarius* στά δάπεδα. Στα τέλη του 3ου αιώνα ό

Διοκλητιανός με τό «έδικτο» όρισε, ανάμεσα στα άλλα, τήν άμοιβή του κάθε τεχνίτη: Τήν ύψηλότερη έπαιρνε ό *pictor imaginarius*, ό «ζωγράφος των εικόνων» πού φιλοτεχνούσε τό άρχικό σχέδιο, 175 σεστέρσια, ό *pictor parietarius* 75 σεστέρσια, ενώ ό *musivarius* και ό *tesselarius* άμείβονταν με 60 σεστέρσια μόνο.

Μέ τή μεγάλη μόδα του ψηφιδωτού, όταν όλα τά κτίρια είχαν μωσαϊκή δια-

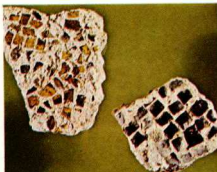
κόσμηση, παρατηρείται ή υποβάθμιση της καλλιτεχνικής του αξίας και αυτό γιατί οι *musivarius* και *tesselarius* ανάλαβάνουν μόνοι τους την εκτέλεση ψηφιδωτών, με τη βοήθεια ανειδίκευτων εργατών. Το γεγονός αυτό έξηγγε την επανάληψη των θεμάτων — οι τεχνίτες δεν είχαν τη γνώση και τη φαντασία των ζωγράφων — καθώς και την προχειρότητα της εκτέλεσης — συχνά οι ανειδίκευτοι εργάτες δεν ήταν σε θέση να εκτελέσουν σωστά το έργο.

Σχέση με τη μεγάλη εξέλιξη του ψηφιδωτού έχει και το φαινόμενο του «προκατασκευασμένου» έργου. Οι τεχνίτες ξεκινούσαν από την πόλη, όπου βρισκόταν το εργαστήρι τους, μεταφέροντας κομμάτια ολόκληρα από έτοιμα ψηφιδωτά. Όταν έφταναν στον τόπο, όπου έπρεπε να κατασκευαστεί το έργο, δεν είχαν παρά να προσαρμόσουν τα έτοιμα κομμάτια ψηφιδωτού στο χώρο που βή διακοσμούσαν, συνδέοντάς τα με ένα, συνήθως ουδέτερο, φόντο. Πολλά παραδείγματα έχουν σωθεί μέχρι σήμερα από ιδιωτικές κυρίως κατοικίες, όπου το ψηφιδωτό δάπεδο ξεκινά οργανωμένα από τον έναν τοίχο του δωματίου και καταλήγει στον απέναντι τοίχο «κομμένο», χωρίς συμμετρία.

Τά υλικά

Το ψηφιδωτό, «τέχνη ύπομονης», είναι η τέχνη της αιώνας ζωγραφικής και έπιζει χάρη στα υλικά του. Όπως έχουμε ήδη αναφέρει στο προηγούμενο τεύχος, το κύριο υλικό του ψηφιδωτού είναι η πέτρα, η οποία στην άρχη χρησιμοποιήθηκε στη φυσική της κατάσταση: Θαλάσσιο ή ποταμίο χαλίκι στρογγυλεμένο. Κατόπιν κομμένη σε μικρούς κύβους. Οι τεχνίτες χρησιμοποιούσαν πολύ τα μάρμαρα για τους πλούσιους χρωματισμούς τους και έπειδή κόβονται σχετικά εύκολα (σύμφωνα με την κλίμακα σκληρότητας του Mohs, ο άσβεστιτής έχει σκληρότητα 3, οι σκληρές λεγόμενες πέτρες 6, ο χαλαζίας 7 και το διαμάντι, το σκληρότερο υλικό, 10).

Όταν τα φυσικά πετρώματα που έβρισκαν οι τεχνίτες δεν είχαν πλούσια χρώματα, κατέφευγαν στον τεχνητό στο χρώματισμό. Γνωρίζοντας τις όξειδωμένες που προκαλούνται στα πετρώματα από την ύψηλη θερμοκρασία, κατέφεραν να φτιάχνουν χρώματα και από χρωστικές. Άλλες μέθοδοι τεχνητού χρωματισμού ήταν η έμβάπτιση των μαρμάρων σε βραστά έλαιώδη υγρά με χρώμα.



Κάτω από τις ψηφίδες έμφανίζεται το σχέδιο με χρώμα.



Βότσαλα στρογγυλεμένα από το νερό, σε διάφορες ποσότητες και χρωματισμούς.

Οι περίτεχνες συνθέσεις περιείχαν συχνά ήμιπολύτιμους λίθους, φλίντις, κοράλλι και άλλα υλικά. Στα έντοια ψηφιδωτά θλέπουμε τη χρήση υαλόμαζας. Το εύθραυστο αυτό υλικό είναι πολύ άνθεκτικό στο νερό και στις δυσμενείς ατμοσφαιρικές συνθήκες, γι' αυτό χρησιμοποιήθηκε και σε συντριβάνια. Με υαλόμαζα, σε μορφή λεπτής γυάλινης πλάκας, φιλοτεχνήθηκαν και έργα με την τεχνική του *opus sectile*. Ωραιότατα τέτοια «πανώ» υπάρχουν στο Μουσείο της Ίσθμίας, κοντά στην Κόρινθο.

Με την ίδρυση της βυζαντινής αυτοκρατορίας παρατηρείται μία νέα άνθιση της τέχνης του ψηφιδωτού. Νέες μέθοδοι και τεχνικές έφευρίσκονται. Ψηφίδες πολύχρωμες, με νερά, με σπάνια χρώματα και υλικά κατασκευάζονται. Η κατάκτηση όμως του Βυζαντίου από τους Λατίνους (1204) φέρνει τους υαλοκατασκευαστές στη Βενετία, όπου δημιουργούνται τα πρώτα βενετσιάνικα εργοστάσια κατασκευής υαλόμαζας. Τόν 14ο αιώνα οι φούρνοι του Μουράνο, στη Βενετία, άρχίζουν την παραγωγή ομαλάτου. Στην ελληνική παλέτα, που άποτελούσαν δύο τόνοι κόκκινου, πέντε μπλέ, άσπρο, κίτρινο, λίγα πράσινα και λίγα ουδέτερα χρώματα, προσθέτονται το βαθύ κίτρινο-πορτοκάλιο, το βαθύ κόκκινο και το πορφυρό. Τόν 15ο αιώνα ο πιο φημισμένος παραγωγός γυαλιού, ο Μιχαήλ Τζιμπάνο, κατασκευάζει υαλόμαζα σε δύο στρώματα διαφορετικού χρώματος, έγκαινιάζοντας έτσι μία νέα έποχη στην τεχνική του ομαλάτου, με δυνατότητες άπεριόριστης χρωματικής εκμετάλλευσης.

Οι χρυσές ψηφίδες, που θαυμάζουμε κυρίως στα έντοια ψηφιδωτά, υπάρχουν σε έλάχιστα ψηφιδωτά δαπέδου. Ένα παράδειγμα βρίσκεται στην Άκυλη της Ίταλιας, στη via Augusta, κοντά στη βασιλική του Έπισκόπου Θεοδώρου, όπου εικονίζεται ο Καλός Ποιήμν. Στο δεξί του χέρι κρατά την ποιμενική ράβδο που τονίζεται

χάρη στις χρυσές ψηφίδες που την συνθέτουν. Είναι πιθανό οι χρυσές ψηφίδες να πρωτοχρησιμοποιήθηκαν από τους πρώτους Χριστιανούς, γιατί βρέθηκαν τοποθετημένες στο άσβεστοκονιαμια που έκλινε τους τάφους στις κατακόμβες του 3ου και 4ου αιώνα στη Ρώμη.

Η κατασκευή της χρυσής ψηφίδας είναι άρκετα περίπλοκη: Πάνω σε ένα στρώμα γυαλι άπλώνεται κόλλα, έπάνω στην όποια άκουμπά ένα φύλλο χρυσού, αυτό με τη σειρά του επικαλύπτεται από ένα λεπτότατο στρώμα γυαλιού. Άλλος τρόπος κατασκευής χρυσής ψηφίδας, που έμφάρισαν οι Βυζαντινοί: Πάνω σε ένα στρώμα γυαλι κολλούσαν ένα φύλλο χρυσού και το σκέπαζαν με κοριοποποιημένο γυαλι, κατόπιν το έβαζαν στο φούρνο. Το κοριοποποιημένο γυαλι έλειανε, δημιουργώντας ένα στρώμα λεπτότατου γυαλιού άρκετα καλά κολλημένιο επάνω στο χρυσό. Συχνά όμως μπορούμε να δούμε σε ψηφιδωτά που έχουν σωθεί, το επάνω στρώμα του γυαλιού να έχει ξεκολληθεί, αφήνοντας εκτεθειμένη τη χρυσή έπιφάνεια που λioώνεται. Τόν 15ο αιώνα, στη Βενετία, κατασκευάστηκαν πολύ άνθεκτικές χρυσές ψηφίδες: Γυαλι και χρυσός συνδυάζονται σε ύψηρή κατάσταση έτσι ώστε να έχουν τέλεια έπαση, όμοιομορφο πάχος και μεγάλη άντοχη. Τό 1881 ο Λορέντζο Ράντι, τεχνίτης από το Μουράνο, έφτιαξε άσημένες ψηφίδες, όπου αντί να χρησιμοποιήσει άσημι, όπως έκαναν οι Βυζαντινοί, χρησιμοποίησε πλατίνα. Έπίσης ποικίλε το χρώμα του κάτω στρώματος γυαλιού με τέτοιο τρόπο ώστε να έχει διάφορα χρώματα και τόνους χρυσού και άσημινο (πράσινο, κίτρινο, μπλέ). Σήμερα οι χρυσές και άργυρές ψηφίδες περιέχουν αντίστοιχα νικέλιο, τσίγκο και χαλκό.

Συνδυαστικά υλικά

Έδώ ξαναθυμίζουμε ποιά υλικά χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή



Ψηφίδες από διάφορα παραρροίμαι τη φωτεινότητα του υλικού. Ψηφίδες από διάφορα, που περιέχει και άμμο.

Γυάλινη ψηφίδα.

Ψηφίδες από αμάλτο σε ώριμοις βαθύχρωμας τόνους.



Βυζαντινές χρωστές ψηφίδες.

του συνδετικού υλικού: Αβέσθητος, κίτρινη-θραυκή γη, μαρμαρόσκονη, τουβλόσκονη. Το τελευταίο αυτό υλικό έχει το πρότερημα να καθιστά το μείγμα αδιάβροχο.

Γιὰ να γίνουν ανθεκτικότερα τα υποστρώματα των ψηφιδωτών, συχνά οι τεχνίτες πρόσθεταν άσπραδι αούου, διάφορες κόλλες, καζέινες και φυτικά έλαια. Τον 19ο αιώνα τα συνδετικά υλικά δέν άλλαζαν πολύ. Από τον 19ο αί. όμως και πέρα γίνεται χρήση του στόκου με λάδι, γνωστού από τους ρωμαϊκούς χρόνους, αλλά γι άλλες χρήσεις. Στο τέλος του 19ου αί. το «τσιμέντο Πόρτλαντ» δίνει τη δυνατότητα κατασκευής πολύ λεπτών υποστρωμάτων, ελάχιστου βάρους και μεγάλης άντοχής στην ύγρασια.

Σήμερα οι κατασκευαστές ψηφιδωτών χρησιμοποιούν σύγχρονα υλικά τα οποία τους απαλλάσσουν από τα προβλήματα που είχαν να αντιμετωπίσουν οι παλιότεροι καλλιτέχνες.

Οι καλλιτέχνες

Όπως ήδη τονίσαμε, το ψηφιδωτό είχε ξεχωριστή θέση όντας στις τέχνες και οι καλλιτέχνες υπάγονταν στο έργο τους. Έδώ θα δούμε με ενδεικτικά μερικά ονόματα — με άθροιστική σειρά — Έλλήνων και Ρωμαίων ψηφιδωτών και ψηφιδωτών, μέσα από τα πολλά που έχουν διασωθεί.

- 1. ΑΜΙΤΑΙΟΝ:** Πρόκειται μάλλον για Έλληνα ψηφιδωτόφορο του 4ου αι. μ.Χ. που υπάγονται με λατινικά στοιχεία ένα ψηφιδωτό που βρέθηκε στη Μπαλάμπεκ. Στο έργο αυτό εικόναζται, μέσα σε κυκλικό πλαίσιο η Μούσα της ποιήσεως Καλλιόπη. Γύρω από τον κεντρικό αυτό κύκλο υπάρχουν άλλοι οκτώ, με τα πορτραίτα των Σεφών.
- 2. ΑΜΙΤΕΙΟΥ ΚΥΝΤΙΟΥΣ:** Ρωμαίος αρχιτέκτονας και ψηφιδωτής που εικάζεται στη Γαλλία (Luc-en-Dois). Σώθηκε ένα ψηφιδωτό του που απεικονίζει παύρους, κύκλους με άστρα, φωτικά θέματα κ.ά. και φέρει την υπογραφή Ο ΑΜΙΤΕΙΟΥ ΑΡΧΙΤΕΚΤΗ ΦΕΚΤΙ.
- 3. ΑΜΟΡ:** Καλλιτέχνης πιθανώς γαλλικής καταγωγής που έζησε τον 2ο αι. μ.Χ. Η υπογραφή του βρέθηκε μαζί με αυτή του θεοσκόπου του ΣΕΝΙΟΥ ΦΕΛΙΧ ο Ένα ψηφιδωτό της Λιβουσίας στη Γαλλία, στο νότιο της Άρμιερ και του Απολλωνία. Το έργο αναπαριστάει τέσσερις σκηνές από κυνήγι ελαφιού. Στο κέντρο θεοσκόπου οι δύο θεοί.
- 4. ΑΝΤΑΙΟΥ:** Έλληνας ψηφιδωτής του 2ου αι. π.Χ., νικός του Απριανού. Η υπογραφή του βρίσκεται σε ψηφιδωτό της Δέλου.
- 5. ΑΝΘΙΟΣ:** Έλληνας καλλιτέχνης που υπάγονται μαζί με κάποιο Σέλευκο ένα ψηφιδωτό που βρέθηκε στην Ίσπανία. Τα στοιχεία της υπογραφής επιπέδονται τη χρονολόγηση του έργου στο 2ο αι. μ.Χ. Η υπογραφή είναι ΟΙΟΛΑΝ (ΑΙΟΥΣΤΑ ΕΙΜΕΝΤΑ) ΦΙΣΕΛΟΥΣΙ ΣΕΛΕΥΚΟΥ ΕΤ ΑΝΘΙΟΣ.

- 6. ΑΠΟΛΙΝΑΡΙΣ:** Έλληνας ψηφιδωτής που έζησε στους ρωμαϊκούς χρόνους. Η υπογραφή του βρέθηκε σε ψηφιδωτό μιας άνασκαφής σπιτιού, σε απόσταση 1 χλμ από την Κουσό. Το έργο απεικονίζει, στο κέντρο ένα όκταγωνο με ρόμβους και παραλληλόγραμμα. Γύρω από αυτό υπάρχει μία μπουτούρα με φύλλα και ποιάδι. Στο κεντρικό θέμα, οι ρόμβοι περιέχουν γεωμετρικά σχήματα (άβέσθη), ενώ τα παραλληλόγραμμα έχουν φωτικά θέματα. Το ψηφιδωτό, που χρονολογείται στο 2ο αι. μ.Χ., εκτίθεται στο Μουσείο του Ηρακλείου.
- 7. ΑΣΚΙΠΙΑΔΗΣ:** Έλληνας καλλιτέχνης του 2ου αι. π.Χ. Έργο του βρίσκεται στη Δέλο, στην οκία των Δελφινιών. Το όνομά του είναι γραμμένο με μαύρες ψηφίδες σε λευκό φόντο. Ο Βυλάδ είχε διαβάσει το όνομα Άσκιπιαδής αλλά στη συνέχεια το πρώτο γράμμα της υπογραφής καταστράφηκε.

- 8. ΒΛΑΣΤΟΣ:** Ψηφιδωτής της ρωμαϊκής εποχής, του οποίου η υπογραφή έχει βρεθεί στην Κεντρική Αφρική. Τα στοιχεία και η μορφή της υπογραφής είναι λατινικά αλλά τα όνομα είναι ελληνικής προέλευσης.
- 9. ΚΕΚΙΛΙΑΝΟΣ:** Ψηφιδωτής, πιθανώς Ισπανικής καταγωγής που έζησε τον 3ο-4ο αι. μ.Χ. Η υπογραφή ΚΕΚΙΛΙΑΝΟΣ ΦΙΣΕΤ βρέθηκε το 1876 σε ένα ψηφιδωτό που εκτίθεται στο Μουσείο της Βαρκελώνης.
- 10. ΔΙΟΣΚΟΥΡΙΑΔΗΣ:** Η υπογραφή ΔΙΟΣΚΟΥΡΙΑΔΗΣ Ο ΣΑΜΙΟΣ βρέθηκε στο άνω μέρος δύο ψηφιδωτών που ανακαλύφθηκαν το 1763 στην Πομπηία, στη Δέλο του Κικέρωνα. Τώρα εκτίθεται στο Μουσείο της Νεαπόλεως. Κατασκευασμένα με πολύ μικρές ψηφίδες (1-2 χιλιοστά), τα δύο αυτά έργα δείχνουν την πρόθεση του καλλιτέχνη να μιμηθεί ζωγραφικά πρότυπα. Απεικονίζουν στον πελάτο, το πρώτο μέρος της ρωμαϊκής περιόδου (διαστάσεις 43 x 41 εκατοστά) και το δεύτερο γυναικείας μορφής (διαστ. 42 x 35 εκ.). Τα έργα αυτά κατασκευάστηκαν από ερασιφίλο του καλλιτέχνη και μετά τοποθετήθηκαν στη Δέλο (2ο-1ο αι. π.Χ.).
- 11. ΓΝΩΣΙΣ:** Έλληνας ψηφιδωτής που υπογράφει θαυμάσιο ψηφιδωτό της Πάλας.
- 12. ΔΑΦΝΗΣ:** Έλληνας καλλιτέχνης της ρωμαϊκής εποχής. Ένα ψηφιδωτό που φέρει την υπογραφή ΔΑΦΝΗΣ ΑΠΟΛΙΕΙ και παρουσιάζει μυθολογικές παραστάσεις και σκηνές θεάτρου βρέθηκε το 1975 στο Χανιά. Σήμερα εκτίθεται στο Μουσείο της πόλης αυτής.
- 13. ΗΡΑΚΛΙΟΣ:** Έλληνας ψηφιδωτής της ρωμαϊκής περιόδου. Η υπογραφή του ΗΡΑΚΛΙΟΥΣ ΗΡΓΑΣΤΟ βρέθηκε σε ένα ψηφιδωτό στο Αβεντόν της Ρώμης. Το έργο αντιγράφει τον άσπρωτο οίκο του Σάισου. Σήμερα φυλάγεται στο Μουσείο του Παρισιού.
- 14. ΚΡΑΤΕΡΟΣ:** Ψηφιδωτής του 2ου αι. μ.Χ. Την υπογραφή του βρίσκουμε σε μικρότερο της ρωμαϊκής περιόδου που ανακαλύφθηκε κάτω από την Εκκλησία του Άγιου Αθανασίου στο χωριό Σκάλα της Κεφαλονιάς.
- 15. ΝΕΑΙΩΔΩΡΟΣ(Ι):** Όνομα γραμμένο με στοιχεία μισό ελληνικά, μισό λατινικά. Βρέθηκε στο Παρίσι το 1843 σε ψηφιδωτό του Άγιου Σεβέρου. Σήμερα ανασταθεί η τύχη του έργου αυτού στο όποιο απεικονίζονταν τρεις νυκταίρι. Σήμερα με μία άλλη εκδοχή, το όνομα δέν ανήκει στον καλλιτέχνη αλλά στο νικητή νυκταίρι.
- 16. ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΣ:** Καλλιτέχνης πιθανώς ελληνικής καταγωγής. Έργο με την υπογραφή ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟΣ βρίσκεται στο Μουσείο της Σεβαστής.
- 17. ΠΡΟΚΑΙΟΣ:** Έλληνας καλλιτέχνης που ζούσε στην Όστια της Ίταλίας, στις άρχες του 2ου αι. μ.Χ.
- 18. ΣΩΣΙΣ:** Έλληνας ψηφιδωτής που εικάζεται στην Πέργαμο τον 2ο αι. π.Χ. Αναφέρεται από τον Πλίνιο (Η.Ν. ΧΧΧV, 184) ως ό επαναφέροντες στην τέχνη της ζωγραφικής του δαμάσκου. Στην Πέργαμο φυλάσσεται το θέμα του άσπρωτου οίκου και το κελύφος του Νερού-

ρα. Τα έργα αυτά άρεσαν τόσο που έπι αιώνας αντιγράφονταν παντού. Αντιγράφοι τους βρίσκονται στο Μουσείο του Παρισιού, της Νεαπόλεως, της Ακωλήρας, στη Βίλα του Αδριανού σε πρόδοτο της Ρώμης και στη Βίλα του Ίνιομο στη Δέλο. Χάρη στο Σάισο, η Πέργαμο άποκτησε φημισμένη σχολή ψηφιδωτών. Εκεί χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά η πολύ μικρή ψηφίδα. Άφου κοινόν είδαμε συντομα την εξέλιξη του ψηφιδωτού, στο επόμενο μέρος θα ασχοληθούμε με τη συντήρησή του.

Φωτογραφήσεις: Γ. Σημηριώτης

Βιβλιογραφία

- E. PFUHL, Malerei und Zeichnung der Griechen, München 1923.
 A. BLANCHET, La mosaïque, Paris 1928.
 D. LEVI, Antioch Mosaic Pavements, Princeton 1947.
 G. BECATTI, Scavi di Ostia IV, Mosaici e pavimenti marmorei, Roma 1961.
 M. BULARD, Peintures murales et mosaïques de Délos, Mon. Piot XIV, Paris 1908.
 M. ROBERTSON, "Greek Mosaics", JHS LXXXV (1965), σ. 72-89.

Mosaics part II

Different types of mosaic appear at the Roman period, at the same time the artists specialise in their art. So we can see the *pictor imaginiarius* who paints the different subjects on cartoons, the *pictor parietarius*, who transfers the painting from the cartoon on the surface which is to be decorated by the *musivarius* (for walls and ceilings) or the *tessellarius* (for floors) with the tesserae. We give here some names of artists who have signed their work, some are Greeks other are Romans but their works are world-spread: Amitaion, Amiteius Quintus, Antaios, Anthos, Apollinans, Askipiadas, Blastos, Cecilianus, Dioskourides and others.

The materials used for mosaics are: pebbles, natural rocks cut up to cast tesserae, enamel tesserae, gold-glass tesserae. As binding materials were used: lime, pumice, marble and ceramic dust (sometimes egg is added). At the end of the 19th c. portland cement is widely used.