

О КАМЕННЫХ ЛАБИРИНТАХ И ПОЗДНИХ ПОГРЕБЕНИЯХ НА О-ВЕ ХИЙУМАА

На полуострове Коотсааре в 1986 г. были расчищены восемь каменных кругов общим диаметром 8 м (рисунок). Сооружение представляет собой каменный лабиринт т. н. классического типа, датировка которого остается открытой. По народному преданию, каменные круги соорудил когда-то шведский моряк с погибшего судна (народное название лабиринта «игра моряка» или «Йерузалем»). Там же находившиеся два лабиринта меньших размеров и упомянутый в литературе лабиринт на полуострове Тахкуна, по данным полевых работ 1990 г., не сохранились.

В ходе строительных работ у церкви Кяйна в 1988 г. зафиксировано около 120 захоронений 18 в. В 1989 г. были открыты остатки часовни 18 в. — усыпальницы кяйнаских пасторов из семейства Тундер, а также две могилы в церкви д. Пюхалепа, которые, вероятно, относятся к средневековью.

<https://doi.org/10.3176/hum.soc.sci.1991.4.15>

Aivar KRIISKA, Toomas MÄGI*, Jüri PEETS**

NEUES IN DER EXPERIMENTALARCHÄOLOGIE

Nach einer Pause von fast 10 Jahren hat man Versuche zur praktischen Rekonstruierung der ehemaligen Produktionsprozesse wieder aufgenommen.¹ So hat man auf urväterischer Weise schon Keramik hergestellt (A. Kriiska), aufgrund örtlicher Rohmaterialien Glas geschmolzt (T. Mägi) und Eisen gewonnen (J. Peets). Anhand der Versuchsergebnisse wissen wir die technischen Möglichkeiten und Fertigkeiten der vorzeitlichen Meister zu schätzen. Die im Laufe der Versuche gesammelten Materialien können bei der Durchforschung der archäologischen Funde mit naturwissenschaftlichen Methoden als Etalons gebraucht werden. Die meisten Versuche wurden im Feldlager der archäologischen Expedition in Tuuiu, auf der Insel Saaremaa durchgeführt.

Keramik. Die ersten Versuche zur Fertigung der Tongefäße unternahm man im Herbst des Jahres 1989 im Feldlager der archäologischen Expedition in Lehmja. Es wurden 6 Gefäße nach dem Vorbild der Tongefäße aus der Eisenzeit, unterm Gebrauch zweier unterschiedlicher Tonmischungen, angefertigt. Alle Gefäße wurden im unterirdischen Herd gebrannt.

Die zweite Versuchsreihe wurde im Herbst von 1990 auf der Insel Saaremaa durchgeführt. Man setzte sich die Sammlung des vergleichenden Materials zur Durchforschung der archäologischen Keramik sowie die Erforschung der Beschaffenheiten des keramischen Rohmaterials unter Anwendung unterschiedlicher Anfertigungs- und Brennverfahren zum Ziel.

Man nahm für die Gefäße den örtlichen Lehm, dem man gebrannte Granitschotter untermengte. Die Lehmmischung wurde im Laufe von 3—4 Stunden getreten. Es wurden 6 Gefäße in 3 unterschiedlichen Formtechniken gefertigt.

* Eesti Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituut (Institut für Geschichtsforschung der Estnischen Akademie der Wissenschaften; Институт истории Академии наук Эстонии). 200101 Tallinn, Rüütli 6, Estonia.

¹ Die ersten experimental-archäologischen Versuche zum Schwendbau wurden von Tanel Moora Ende der 1960er Jahre durchgeführt.



Abb. 1. Verformung der Tongefäße in Bandtechnik.

Drei Tongefäße entstanden in Bandtechnik (Abb. 1), zwei davon nach dem Vorbild der neolithischen Kammkeramik. Man begann die Formung der Gefäße an der Öffnung. Nach dem vorläufigen Trocknen wurde ein Gefäß mittels eines hölzernen Kammstempels ornamentiert. Das dritte Gefäß wurde nach dem Vorbild der bronzezeitlichen doppelkegeligen Tongefäße geformt. Die Oberfläche dieses Gefäßes wurde mit dem flüssigen Lehm übergossen.

Nach dem Vorbild der früheisenzeitlichen Tongefäße machte man einen kleinen tönernen Napf, dessen Oberfläche mit einem Heubüschel gestrichelt wurde. Das Gefäß wurde aus einem Lehmstück geformt.

Nach dem Vorbild der wikingerzeitlichen Feinkeramik fertigte man eine Tonschale mit einem Knick. Den Boden und die Wände der Schale formte man aus einer kreisförmigen Lehmplatte. An die Randlippe des Gefäßes befestigte man noch einen tönernen Streifen, damit an der Verbindungsstelle ein Knick entstände. Nach dem Trocknen hat man die Oberfläche des Gefäßes mit einem Stein geschliffen. Die Versuche der polnischen Experimentalarchäologin M. Mogelniecka-Urbanova beweisen, daß die auf diese Weise bearbeiteten Oberflächen der Tongefäße nach dem Brennen glänzen werden.² Das bestätigte auch unser Experiment.

Bei der Formung des sechsten Tongefäßes diente die stark profilierte Handkeramik aus dem Ende der jüngeren Eisenzeit als Vorbild.

Alle Tongefäße wurden unter einem Schutzdach einen Monat lang getrocknet. Dann erfolgte das Brennen. Eines der nach der Kammkeramik angefertigten Gefäße wurde unter eine Sandschicht von 20 cm gelegt und darüber ein Feuer gemacht. Obwohl das Brennen viereinhalb Stunden dauerte, stellte es sich heraus, daß der Sand eine zu mächtige Isolierschicht war, und daß die Brenntemperatur deshalb nicht hoch genug steigen konnte. Aufgrund des im Tongefäß gefundenen nicht abgebrannten organischen Materials kann man konstatieren, daß die Temperatur nicht über 350 °C stieg.

Die übrigen Gefäße wurden in einem unterirdischen Ofen gebrannt (Abb. 2). Zu diesem Zweck grub man eine Vertiefung, die 50 cm tief und 125 cm im Durchmesser war. Zur Vorwärmung des Ofens brannte in dieser Grube 2 Stunden lang Feuer. Danach stellte man die Tongefäße auf glühende Kohlen. Auf und zwischen die Gefäße legte man Reisholz. Um die Gefäße herum stapelte man Brennholz, bis zur Höhe von 20—30 cm über die Ränder der Vertiefung. Das alles deckte man mit Soden zu, während man Lüftungslöcher einließ. Schon nach der ersten Stunde nach dem Anzünden des Holzstoßes stieg die Temperatur im oberen Teil des Ofens bis auf 650 °C. Am höchsten lag die Temperatur am untersten Zugloch — bei 950—1000 °C. Alle Lüftungsöffnungen wurden nach 6

² Малинова Р., Малин Я. Прыжок в прошлое. Москва, 1988, S. 163.

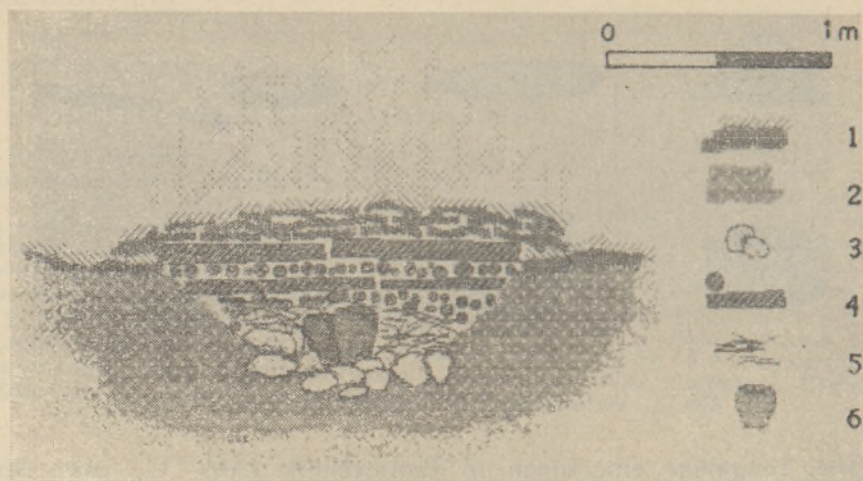


Abb. 2. Verbrennung der Tongefäße im unterirdischen Ofen. 1 Soden, 2 Sand, 3 Steine, 4 Brennholz, 5 Zweige, 6 Tongefäße.

Stunden seit dem Beginn des Brennprozesses geschlossen. Die Temperatur begann sich allmählich zu senken. Den ganzen nächsten Tag lang hielt sich die Temperatur bei 300—400 °C. Am vierten Tag hatte sich der Ofen dermaßen abgekühlt, daß man die Gefäße herausnehmen konnte.

Alle Gefäße waren heil und genug gebrannt, ausgenommen das Tongefäß mit dem Knick, weil es zu tief auf dem Ofenboden gestanden hatte. Da das Brennen in einer sauerstoffarmen reduzierenden Umgebung stattfand, hatten alle Gefäße eine dunkle Färbung zugezogen.

Das Experiment war gelungen. Die Lehmmasse erwies sich als verwendbar, so auch die Formungstechnik. Das ergiebige Schleifen der Oberflächen mit Hilfe eines Steins weist wenigstens auf eine Herstellungsmöglichkeit von schwarzer glattflächiger Keramik hin. Es bestätigte sich auch die Geeignetheit der unterirdischen Öfen zum Brennen von Tongefäßen. Der Versuch zeigte den Anstieg der Temperatur bis auf 800—1000 °C. Diese Temperatur löst in der keramischen Masse einen chemischen Prozeß aus, der den Ton wasserdicht macht.³ Wahrscheinlich ist es möglich, den Brennprozeß im unterirdischen Ofen flexibler zu regulieren. Der Brennprozeß müßte auch in einer sauerstoffreichen oxydierenden Umgebung durchführbar sein. Anhand dieser Versuche entstanden neue Ideen für die Durchführung weiterer Experimente.

Glas. Auf dem Territorium Estlands hat man bisher keine Spuren vom vorzeitlichen oder frühmittelalterlichen Glasschmelzen gefunden. Es fehlen auch schriftliche Aufzeichnungen darüber. Im Feldlager der archäologischen Expedition in Tuui hat man im Sommer 1990 eine Reihe von Experimenten durchgeführt, um die Möglichkeit zum Vorhandensein örtlicher Glasherstellung zu beweisen. Uns interessierte auch die Geeignetheit der örtlichen Rohmaterialien zu diesem Zweck und die Frage, ob es möglich sei, das Glas mit farbigen Eisenschlacken zu tönen.

In der ersten Versuchsreihe verwendete man als Rohmaterial den sorgfältig gewaschenen Dünensand und die gemischte Asche von Nadel- und Laubholz im Gewichtverhältnis 1:2. Alle Komponenten wurden im Quarztiegel vermengt. Zu Beginn des Prozesses wurde der Tiegel auf die Feldesse (Abb. 3) gestellt, dicht mit Holzkohlen umgeben und im Laufe von 7—8 Stunden bei einer gewöhnlichen Luftzufuhr erhitzt. Wenn

³ Gebauer, M. Kunsthandwerkliche Keramik. Leipzig, 1988, S. 162.

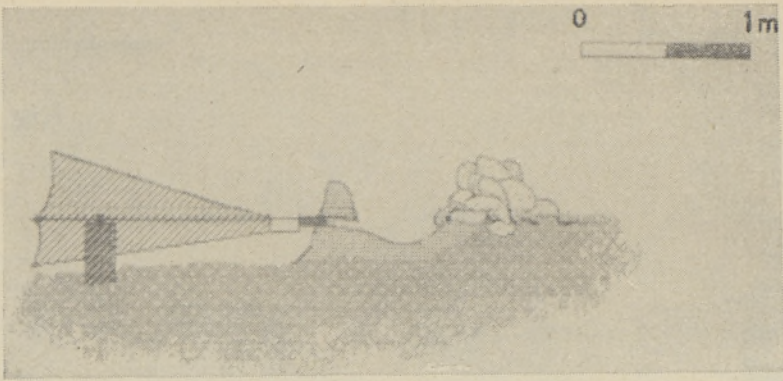


Abb. 3. Rekonstruktion der Esse.

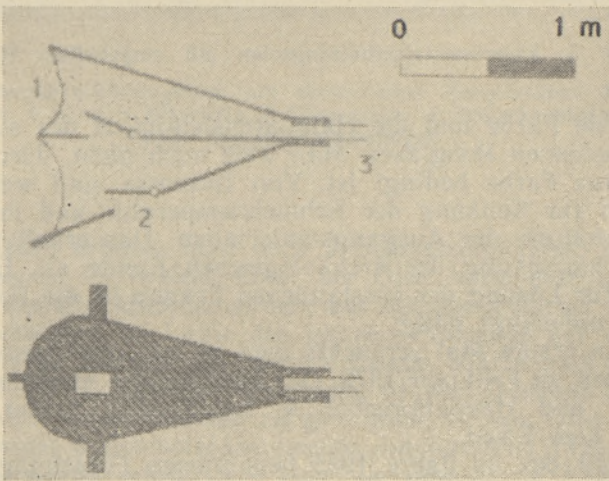


Abb. 4. Konstruktion des Blasebalgs. 1 Blasebalgsleder, 2 Luftklappe, 3 Belüftungsdüse.

nötig, fügte man Kohlen hinzu. Die Temperatur stand bei 900—1000 °C. Danach hat man mit Hilfe eines Blasebalgs (Abb. 4) die Luftzufuhr vergrößert und die Temperatur bis auf 1300—1400 °C gesteigert. Auf dieser Höhe hat man die Temperatur im Laufe von anderthalb Stunden gehalten. Die flüssige Glasmasse wurde ins Wasser gegossen. Das entstandene Rohglas (Fritt) war von dunkelblauer Farbe und fast undurchsichtig. Es wurde gemahlen und im Wasser suspendiert, wo sich unerwünschte lösliche Zutaten trennten. Wenn man die restliche feste Masse erneut schmelzte, bekam man eine Glasmasse, die bedeutend heller, halbdurchsichtig und homogener war.

In der zweiten Versuchsreihe gebrauchte man zwecks Senkung der Schmelztemperatur der Glasmasse die raffinierte Aschenlauge. Die Asche wurde im Wasser suspendiert und die Wasserlösung verdampft. Die erhaltene Lauge wurde mit dem gewaschenen Sand im Verhältnis 1:2 gemengt. Der Schmelzungsprozeß dauerte bei 1200 °C vier Stunden. Die erhaltene Glasmasse war hellblau und durchsichtig.

Die Experimente waren erfolgreich. Das Erzeugnis hatte alle dem Glas typischen Beschaffenheiten (Durchsichtigkeit, Thermoplastizität, Elastizität der Glasfasern u. a. m.). Was man noch erklären muß, das

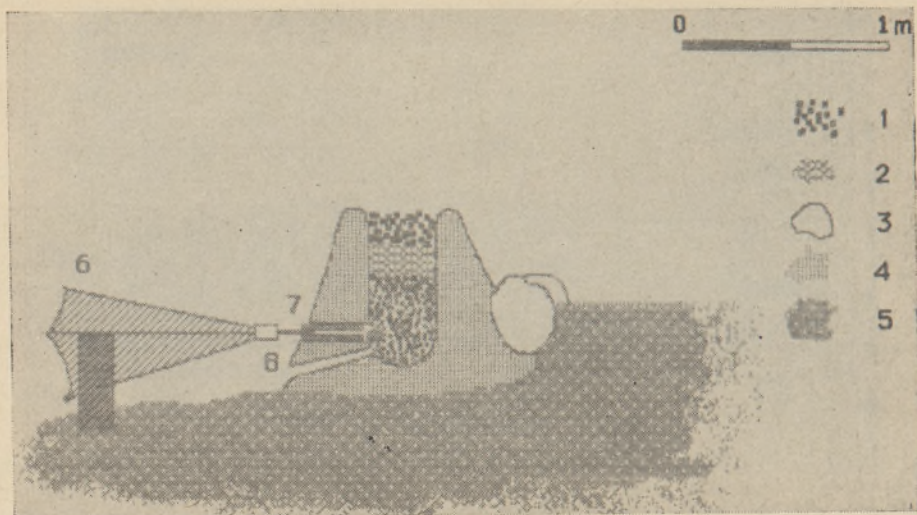


Abb. 5. Experimentalverhüttungsöfen mit eingetieftem Herd.

sind die dunkle Farbe und die Halbdurchsichtigkeit des aus Asche und Sand geschmolzenen Rohglases. Man weiß auch nicht, durch welche Zutaten die blaue Farbe bedingt ist. Von Interesse sind weiter auch die Möglichkeiten zur Senkung der Schmelztemperatur und ihre Abhängigkeit vom Verhältnis der Ausgangsmaterialien. Das erhaltene Glas wird bei der Durchforschung der archäologischen Funde als Etalonmaterial angewandt. Zur Lösung der entstandenen Fragen ist die Fortsetzung der Experimente unbedingt nötig.

Eisen. Zum ersten Mal versuchte man es mit der Eisenverhüttung in primitiven Öfen im Frühjahr 1978. Der Initiator des Experiments war der Bauingenieur und Heimatforscher A. Lauringson. Leider bekam man damals noch kein Eisen.

Als ein Teil des im Jahre 1985 begonnenen Forschungsprojekts zur Erforschung der vorzeitlichen Metallurgie hat man auch für die experimentelle Modellierung der primitiven Eisenverhüttung eine Reihe von Versuchen vorgesehen.

Im Sommer 1988 hat man unweit der auf dem erforschten Territorium im ehemaligen Eisenverhüttungszentrum in Tuui gelegenen I. Grabungsstelle einen experimentellen Eisenschmelzofen (Nr. 1) errichtet. Die Rekonstruktion des Ofens basierte auf der in derselben Grabungsstelle gefundenen Ofenruine (Taf. XXVIII, 1) aus dem 12.—13. Jahrhundert.⁴ Nur war es unmöglich, die Höhe des ehemaligen Ofens festzustellen. Gesetzt, daß der Ofen während der Arbeitspausen zwischen den Prozessen von innen repariert werden mußte, wurde die Höhe der Schacht nach der Länge des Menschenarms (= 80—90 cm, s. Abb. 5) gebaut. Vor dem Beginn des Experiments hat man Holzkohlen in einer Meilgrube gebrannt. Das Sumpferz stammte aus Lahemaa, vom Moorland Tõugu.

Der erste Versuch fand am 20. September 1988 statt. Man gewann 680 g Metall, dabei verbrauchte man 7 kg geröstetes Eisenerz. Wegen einer zu intensiven Luftzufuhr überstieg die Temperatur im Ofen die Optimumtemperatur und das Eisen schmolz. Es bildete sich ein Metallklumpen mit der Struktur des weißen Gußeisens. Während des nächsten Versuches riß am Ende des Prozesses der Blasebalg. Es gelang doch Eisen zu gewinnen.

⁴ Peets, J. Vorzeitliches und frühmittelalterliches Eisenverhüttungszentrum in Tuui auf der Insel Saaremaa. — ENSV TA Toim. Ühisk., 1988, Nr. 4, S. 388.

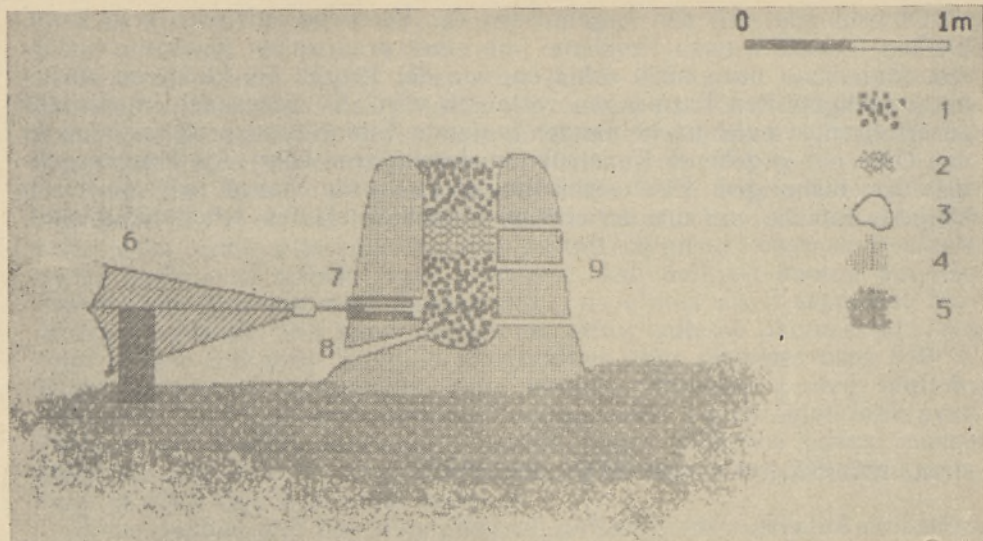


Abb. 6. Experimentalverhüttungsöfen mit oberirdischer Konstruktion. 1 Kohle, 2 Erz, 3 Steine, 4 Lehm, 5 Sand, 6 Blasebalg, 7 Düsenziegel, 8 Schlackenabstich, 9 Öffnungen für Temperaturmessungen.

Im Jahre 1989 erbaute man noch 2 Schmelzöfen (Nr. 2 und 3) und eine Schmiedeesse im Freien. Einer der Öfen hatte eine ähnliche Konstruktion wie der alte, aber der andere war mit oberirdischer Konstruktion, um die Temperaturen im Laufe des ganzen Prozesses auf verschiedenen Höhen messen zu können. Zu diesem Zweck bohrte man in die Ofenwände Löcher für Thermolemente (Abb. 6) ein. Diesmal hat man sich zum Ziel gesetzt, Schmiedeeisen zu gewinnen. In den Öfen Nr. 1 und 2 wurden insgesamt 9 Schmelzexperimente durchgeführt (Taf. XXVIII, 2). Alle Versuche waren erfolgreich, aber die gewonnene Eisenmenge war gering. In den besten Fällen erzielte man 200 g Eisen. Das Eisen war schmiedbar und seiner Qualität nach dem vorzeitlichen Eisen ähnlich.

Im Herbst 1990 fanden 4 weitere Versuche statt. Diesmal gebrauchte man den Ofen Nr. 3. Im Laufe des ganzen Prozesses hat man die Temperaturen auf verschiedenen Ofenhöhen gemessen. Unweit vom dem Lüftungsloch stieg die Temperatur bis auf 1400 °C, im oberen Teil des Ofens lag sie nur bei 300–400 °C (Abb. 6). Man probierte auch die Wirkung der Kalkzusätze auf das Eisen. Man hat deshalb 1,7 kg Kalksteinschotter mit 8 kg geröstetem Eisenerz gemengt. Der Versuch zeigte, daß Kalkzusätze den primitiven Eisenverhüttungsprozeß nicht beeinflussen konnten. Das unterstützte die aufgrund der Analyseangaben der vorzeitlichen Schlacken gemachte Vermutung, daß in den primitiven Eisenschmelzungsprozessen keine schlackebildenden Materialien angewandt wurden.⁵

Der vierte Versuch wurde in 3 Etappen durchgeführt. Nach dem Schluß eines Zyklus füllte man den Ofen aufs neue mit Kohlen und Erz. Insgesamt gebrauchte man 22 kg Erz und man gewann über 2 kg Eisen. Das Gelingen des Experiments wies auf ein mögliches Arbeitsverfahren der frühzeitlichen Meister hin, wie man größere Mengen von Eisen hat gewinnen können.

⁵ Lavi, A., Peets, J. Uusi andmeid Eesti muistsest rauametallurgiast. — In: Kõrgema tehnilise hariduse ja tehnilise mõtte areng Eestis. Tallinna Polütehnilise Instituudi Toimetised, 1984, Nr. 590, S. 46–47.

Obwohl man mit den Ergebnissen der Versuche zufrieden sein kann, bleiben immerhin noch Probleme, die einer praktischen Kontrolle bedürfen. Man kann noch nicht erklären, wie der Prozeß bei kleineren, mehrmals nachgefüllten Erzmengen verlaufen wird. Es wäre auch interessant zu erfahren, wieviel nacheinander laufende Schmelzungsprozesse man in den Öfen mit gegebener Konstruktion durchführen kann. Als Hauptergebnis der bisherigen Eisenverhüttungsexperimente haben wir beweisen können, daß die von uns errichteten Eisenschmelzöfen arbeitsfähig sind.

Aivar KRIISKA, Toomas MÄGI, Jüri PEETS

UUT EKSPERIMENTAALARHEOLOOGIAS

Pärast ligi kümneaastast vaheaega on taas alustatud katseid modelleerida omaaegseid tootmisprotsesse.¹ Seni on valmistatud esiisade viisil keraamikat (A. Kriiska), sulatatud kohalikust toorainest klaasi (T. Mägi) ning rauda (J. Peets). Katsetulemused võimaldavad teha järeldusi omaaegsete meistrite tehnilistest võimalustest ja oskustest. Eksperimentide käigus saadud materjale saab kasutada etalonina arheoloogilise leiuainese uurimisel loodusteaduslike meetoditega. Enamik katsetest tehti Saaremaal Tuuru arheoloogilise ekspeditsiooni välibaasis.

Keraamika. Katseid savinõude valmistamiseks alustati Eestis 1989. aasta sügisel Lehmja arheoloogilise ekspeditsiooni välibaasis. Kahest erineva koostisega savisegust valmistati rauaaegsete savinõude eeskujul kuus anumat. Kõik nõud põletati nn. maa-ahjus.

Järgmine katseeria toimus 1990. aasta sügisel Saaremaal. Eesmärk oli võrdlusmaterjali saamine arheoloogilise keraamika uurimiseks ja savi kui keraamilise toormaterjali omaduste selgitamine erinevate valmistus- ja põletusviiside kasutamisel.

Nõude vormimiseks kasutati kohalikku savi, mis segati põlenud raudkividest murendatud kivipurruga. Savisegu sõtkuti 3—4 tunni jooksul. Valmistati kuus anumat kolmes erinevas vormimistehnikas.

Kolm savinõu valmistati linttehnikas (joon. 1). Neist kahele oli eeskujuks neoliitiline kammkeraamika. Nõude vormimist alustati suuavast. Pärast savi tahenemist ornamenditi üks anum puust kammtempliga. Kolmas vormiti pronksiajal kasutusel olnud kaksikkooniliste savinõude eeskujul. Selle välispind valati üle vedela saviga (varbiti).

Varase metalliaja savianumate eeskujul valmistati väike savinapp, mille välispind riibiti heinatuustiga. Anum vormiti ühest savikamakast.

Viikingiaegse peenkeraamika eeskujul tehti nivendiga savikauss. Selle põhi ja küljed vormiti ühest sõorjast saviplaadist. Võrikuosaks liideti sellega savilint nii, et ühenduskohale moodustus nivend. Anuma välispind lihviti pärast kuivamist kiviga. Poola eksperimenteraheoloog M. Mogilniecka-Urbanova katsed on näidanud, et nõnda töödeldud savinõu pealispind jääb pärast põletamist läikiv.² Seda kinnitas ka meie eksperiment.

Kuuenda savinõu valmistamisel oli eeskujuks noorema rauaaja lõpu tugevasti profileeritud käsitsikeraamika.

¹ Esimesi eksperimenteraheoloogilisi katseid alustas Tanel Moora 1960. aastate lõpul teabe hankimiseks alepõllundusest.

² Малинова Р., Малин Я. Прыжок в прошлое. Москва, 1988, lk. 163.

Kõik anumad kuivasid varjualuses kuu aega. Järgnes põletamine. Üks kammkeraamika eeskujul valmistatud nõudest põletati 20-sentimeetrise liivakihi all lõkkes. Kuigi põletamine kestis 4,5 tundi, osutus liivakiht eeldatust suuremaks isolaatoriks ja põletustemperatuur jäi vajalikust madalamaks. Et savinõus leidus veel põlemata orgaanilist materjali, võib konstateerida, et tema temperatuur ei tõusnud üle 350 °C.

Ülejäänud anumad põletati maa-ahjus (joon. 2). Selleks kaevati 50 cm sügavune ja 125 cm läbimõeduga auk. Maa-ahju eelsoojendamiseks põles selles kahe tunni vältel lõke. Seejärel asetati savinõud hõõguvatele sütele, nende peale ning vahele topiti peenikesi oksid. Sellisel kaetud anumate ümber laoti jämedamatest puudest riit, mis ulatus augu servadest 20—30 cm kõrgemale. Riit kaeti mätastega, jättes sellesse õhutusavad. Juba tund pärast süütamist küündis temperatuur ahju ülemises osas 650 °C. Kõige kõrgem oli temperatuur ahju alumise tõmbeava juures, ulatudes 950—1000 °C. Kuus tundi pärast põletusprotsessi algust suleti kõik avad. Temperatuur hakkas aeglaselt langema. Kogu järgmise päeva jooksul püsis see 300—400 °C piires. Neljandaks päevaks oli ahi jahtunud sedavõrd, et nõud võis sealt välja võtta.

Kõik anumad olid terved ja piisavalt põlenud, välja arvatud nivendiga savinõu, mis asus liiga sügaval ahju põhjas. Et põletamine toimus hapnikuvaeses redutseerivas keskkonnas, olid kõik nõud tumeda värvusega.

Eksperiment õnnestus. Savimass osutus kasutuskõlblikuks, samuti vormimistehnika. Savinõu välispinna kiviga lihvimise tulemuslikkus viitab vähemalt ühele võimalikule viisile valmistada musta kiilapinnalist keraamikat. Kinnitust leidis maa-ahju kõlblikkus savinõude põletamiseks. Katse näitas, et temperatuur augus tõuseb 800—1000 °C. Sellel temperatuuril algab keraamilises segus keemiline protsess, mis muudab savi veekindlaks.³ Tõenäoliselt on maa-ahjus võimalik põletusprotsessi tunduvalt paindlikumalt juhtida. Saavutatav peaks olema ka põletamine hapnikurikas oksüdeerivas keskkonnas. Katsed andsid ideid edasisteks eksperimentideks.

Klaas. Eestis pole seni leitud jälgi muinas- ja varakeskaegse klaasivalmistamise kohta. Puuduvad ka kirjalikud allikad. 1990. aasta augustis Tuu arheoloogilise ekspeditsiooni välibaasis korraldatud eksperimentide eesmärk oli osutada kohaliku klaasivalmistamise võimalikkusele. Huvi pakkusid ka kohaliku tooraine kasutuskõlblikkus ning võimalused toonida klaasimassi värviliste rauašlakkidega.

Esimises katseseerias kasutati toorainena hoolikalt pestud luiteliiva ning okas- ja lehtpuude segatuhka kaaluvahekorras 1:2. Komponentid segati kvartstiiglis. Protsessi alguses ümbritseti tiigel väliääsil (joon. 3) tihedalt puusütega ning kuumutati loomuliku tõmbega 7—8 tundi, lisades sütt vastavalt vajadusele. Temperatuur püsis 900—1000 °C piires. Seejärel tõsteti temperatuuri lõõtsa (joon. 4) abil õhuvoolu suurendades 1300—1400 °C. Selles vahemikus hoiti temperatuuri 1,5 tundi. Sula klaasimass valati vette. Moodustunud toorklaas ehk frit oli tumesinine ja väheläbipaistev. See jahvatati ning suspendeeriti vees, kus eraldusid ebasoovitavad lahustuvad lisandid. Tahke jäägi sulatamisel saadud klaasimass oli märgatavalt heledam, poolläbipaistev ning homogeensem.

Teises katseseerias kasutati klaasisegu sulamistemperatuuri alandajana rafineeritud tuhaleelist. Selle saamiseks suspendeeriti puutuhk vees ning vesitõmmis aurutati kokku. Saadud leelis segati pestud liivaga vahekorras 1:2. Sulatamisprotsess kestis 1200 °C temperatuuril 4 tundi. Saadud klaasimass oli helesinine ja läbipaistev.

Eksperimendid õnnestusid. Saadud produktil on kõik klaasile iseloomulikud tunnused (läbipaistvus, termoplastilisus, peente klaasikiudude elastsus jms.). Selgitamist vajavad põhjused, miks tuhast ja liivast sula-

³ Gebauer, W. Kunsthandwerkliche Keramik. Leipzig, 1988, lk. 162.

tatud toorklaas oli nii tume ja väheläbipaistev ning millised lisandid põhjustavad selle sinise värvuse. Huvi pakuvad ka toorklaasi sõltuvus lähteainete vahekorras ning sulamistemperatuuri alandamise võimalused. Saadud klaas on kasutatav etalonmaterjalina arheoloogiliste leidude uurimisel. Tekkinud küsimuste lahendamiseks on edaspidised eksperimendid tingimata vajalikud.

Raud. Esmakordselt üritati Eestis rauatootmist primitiivsetes rauaahjudes 1978. aasta kevadel. Eksperimendi algataja oli ehitusinsener ja kodu-uuriija A. Lauringson. Paraku jäi raud siis saamata.

1985. aastal alanud muinasmetallurgia uurimisprojekti ühe osana nähti ette ka katseeria primitiivse rauatootmisprotsessi eksperimentaalseks modelleerimiseks.

1988. aasta suvel ehitati Tuiu Rauasaatmemägede I kaevandi läbiuuritud alale rauasulatuseksperimentideks katseahi nr. 1. Rekonstruktsioon põhines samast kaevandist leitud 12.—13. sajandi rauaahju jäänustel (tahv. XXVIII, 1).⁴ Ainus parameeter, mida polnud võimalik määrata, oli ahju kõrgus. Eeldades, et ahi pidi olema protsessi vaheaegadel seestpoolt remonditav, valiti šahti sügavuseks inimkäe pikkus, s. o. 80—90 cm (joon. 5). Eksperimendile eelnes söepõletamine miiliaugus. Maak hangiti Lahe-maalt Tõugu Rauasoost.

Esimene katse toimus 20. septembril 1988. Saadi 680 g metalli, kulu-tades selleks 7 kg pasutud, s. t. lõkkes põletamisega rikastatud maaki. Liiga intensiivse õhuvoolu tõttu tõusis temperatuur ahjus optimaalsest kõrgemale ja raud sulas. Moodustus valgemalmi struktuuriga metalli-känkar. Järgmisel katsel purunes protsessi lõpul lõõts. Rauda siiski saadi.

1989. aastal ehitati veel kaks sulatusahju (nr. 2 ja 3) ning väliääs. Nendest üks esimese ahjuga analoogilise konstruktsiooniga, teine üleni maapealne, et oleks võimalik protsessi käigus ahju erinevatel kõrgustel temperatuuri mõõta. Selleks puuriti ahju seinu termoplaatide jaoks augud (joon. 6). Sedapuhku seati katsete eesmärgiks sepistamiskõlbliku raua saamine. Kokku toimus 9 sulatuseksperimenti, kasutades selleks ahje nr. 1 ja 2 (tahv. XXVIII, 2). Kuigi kõik katsed õnnestusid, jäid metallikoguse-d väikeseks. Parimal katsel saadi veidi üle 200 g rauda. See oli sepis-tamiskõlblik ning kvaliteedilt lähedane muinasajal toodetule.

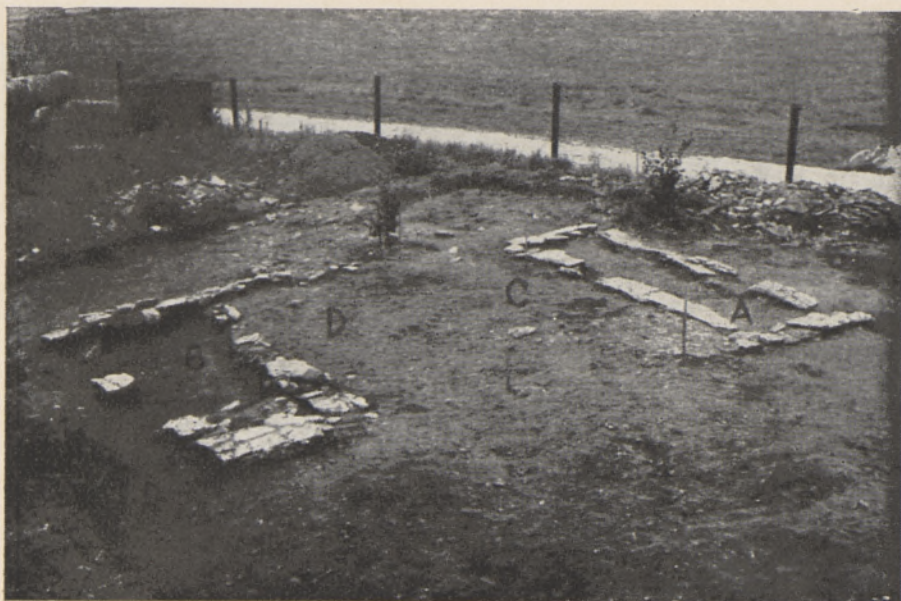
1990. aasta sügisel toimus neli järgmist katset. Seekord kasutati ahju nr. 3. Kogu protsessi vältel mõõdeti ahju erinevatel kõrgustel tempera-tuuri. Ohutusdüüsi läheduses küündis see 1400 °C, ahju ülaosas aga vaid 300—400 °C. Katsetati ka lubiräbusti mõju rauasaagisele. Selleks segati 8 kg pasutud maaki 1,7 kg lubjakivikildudega. Katse näitas, et algelist sulatusprotsessi lubiräbusti ei mõjuta. Seega leidis kinnitust arvamus, et primitiivses sulatusprotsessis räbusteid ei kasutatud.⁵

Neljandal katsel oli protsess kolmeosaline. Ühe tsükli lõppedes täideti ahi uuesti süte ja maagiga. Kokku kulus 22 kg maaki, rauda saadi aga üle 2 kg. Eksperimendi õnnestumine osutab ühele võimalikule muinasaja meistrite kasutatud töövõttele, mille abil saadi suuremaid rauakoguseid.

Kuigi katseeriade tulemustega võib rahule jääda, on veel mitmeid probleeme, mis vajavad eksperimentaalset kontrolli. Selgitamist tahab näiteks küsimus, kuidas toimub protsess väikeste, aga korduvalt lisatud maagikoguste puhul. Huvitav oleks teada, mitut sulatustsüklit järjestikku võimaldavad seesuguse konstruktsiooniga ahjud. Seniste rauasulatuseks-perimentide põhitulemus on meie ehitatud katseahjude töökõlblikkuse tõestamine.

⁴ Peets, J. Vorzeitliches und frühmittelalterliches Eisenverhüttungszentrum in Tuiu auf der Insel Saaremaa. — ENSV TA Toim. Ühisk., 1988, nr. 4, lk. 388.

⁵ Lavi, A., Peets, J. Uusi andmeid Eesti muistsest rauametallurgiast. — Rmt.: Kõrgema tehnilise hariduse ja tehnilise mõtte areng Eestis. Tallinna Polütehnilise Instituudi Toimetised, 1984, nr. 590, lk. 46—47.



1. Viimsi. Erhalten gebliebene Konstruktionen des I. Grabes von OSO gesehen.



2. Viimsi. Tarand B des I. Grabes von Osten gesehen.



1. Viimsi, Tarand A des I. Grabes mit Innenpackung von Osten gesehen.



2. Viimsi, Tarand A des I. Grabes nach der Beseitigung der Innenpackung.



1. Viimsi. Das II. Grab mit Innen- und Randpackungen.



2. Viimsi. Die SO-Mauer des II. Grabes von Süden gesehen.



1. Viimsi. Das II. Grab nach der Entfernung der Randpackungen von SO gesehen.



2. Viimsi. Mauern des II. Grabes nach der Entfernung der Innenpackung von SO gesehen.



1. Pöide. Stronghold from NW.



2. Pöide. Remains of a house. N part of excavation.



Pöide and Kahutsi. Finds. 1 penannular brooch, 2 cross-shaped pendant, 3 plaque, 4-6 finger-rings, 7 strap-end, 8, 9 rivets, 10 bone spindle, 11-15 knives, 16 spearhead (?), 17 bronze spiral, 18, 19 potsherds, 20 spur. (SM 1460: 21, 11, 41, 37, 1, 71, 2, 49, 74, 10, 89, 69, 78, 70, 83, 18, 90; 1462: 10; 1460: 72, 63.)



1. Kahutsi. Trial excavation (A) at the site of a settlement.



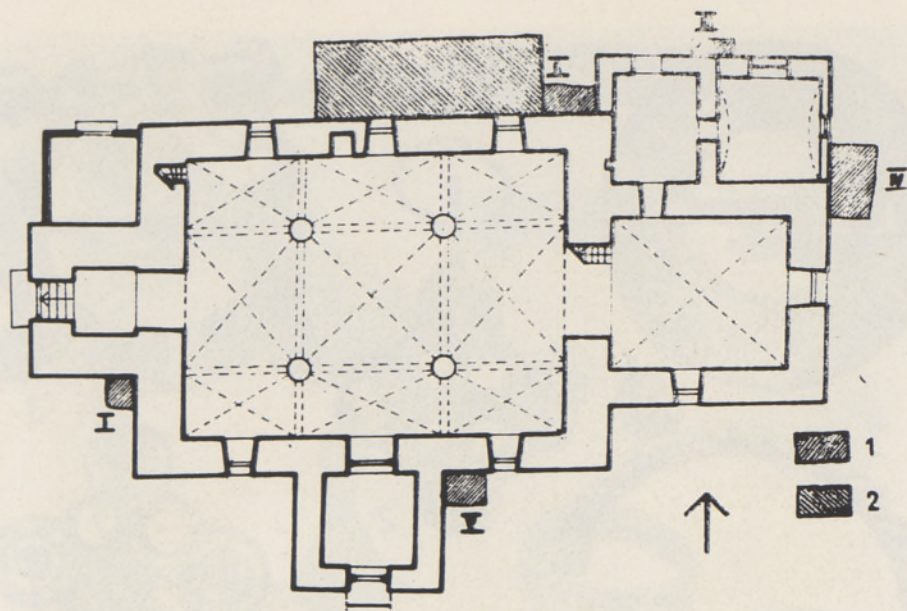
2. Kahutsi. Pavement from excavation B.



1. Kahutsi. Opening area from stone grave IV.



2. Kahutsi. The first layer of stone grave IV.



1. Viru-Nigula. Untersuchungen bei der Kirche. 1 Probeschürfungen von 1988, 2 Grabungsstelle von 1990.



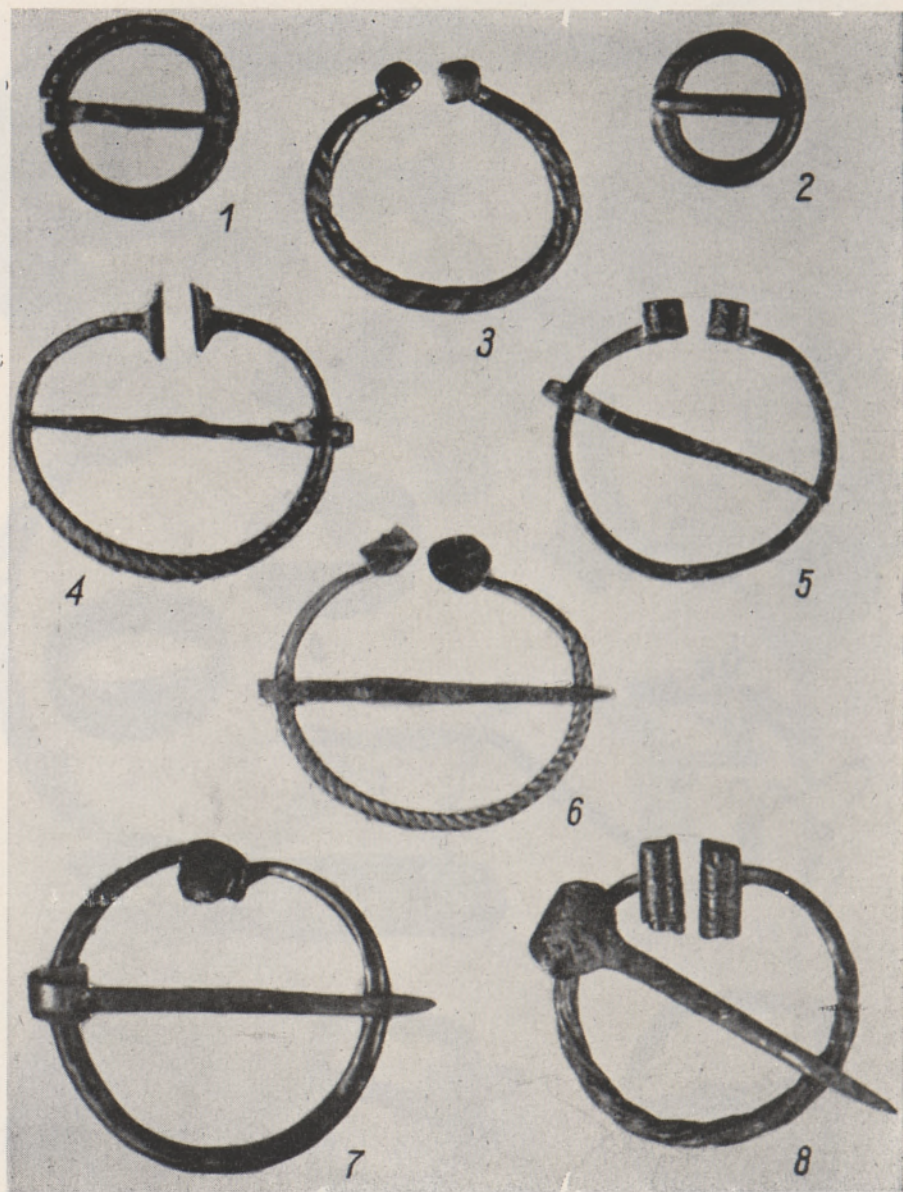
2. Viru-Nigula. Bestattung VII (links) am Kirchenfundament.



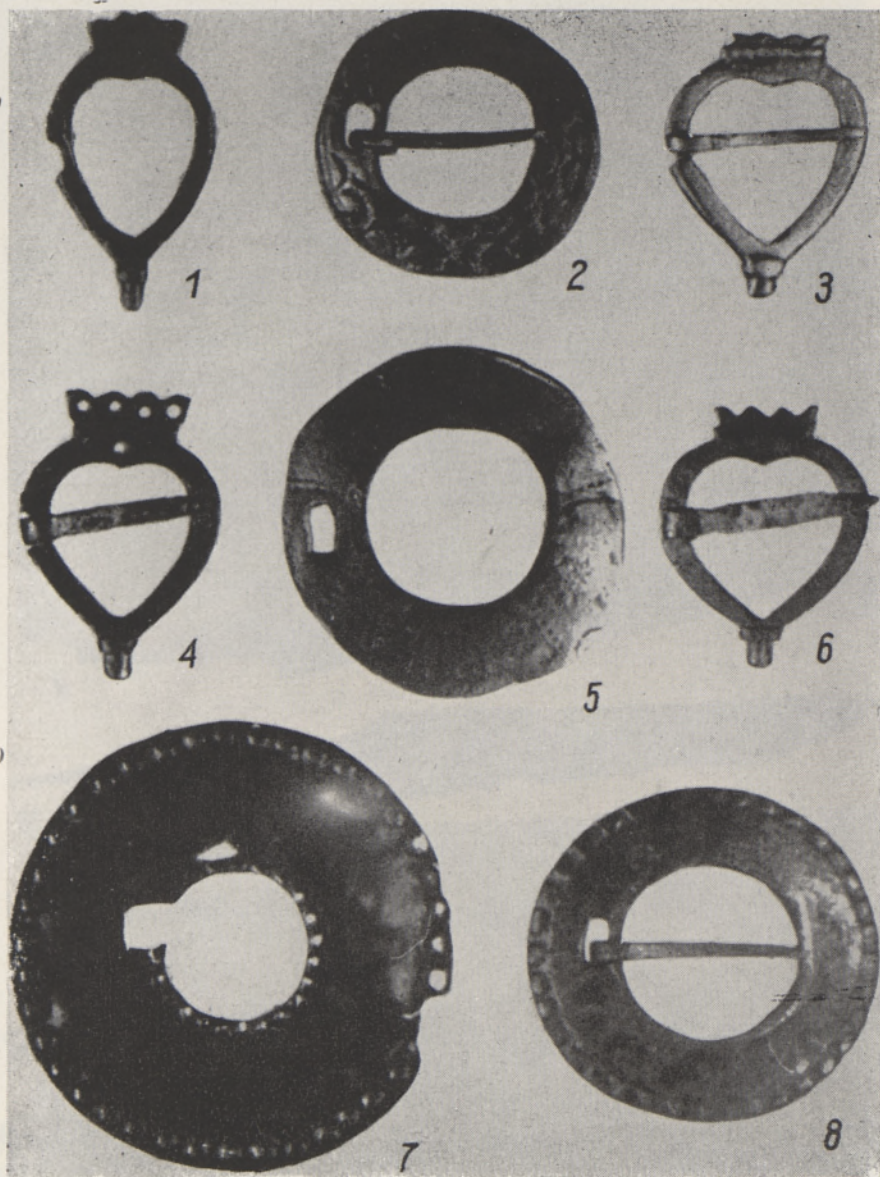
Viru-Nigula. Funde aus den Gruftgräbern und der Kulturschicht. 1 Radsponge, 2 Anhänger, 3 eckige Spange, 4, 6 Arminge, 5 Brustnadel, 7-10 Tongefäßscherben. (AM 593: 50, 53, 51, 6, 12, 35, 9, 29, 45, 30. 1 Silber, 2-6 Bronze.)



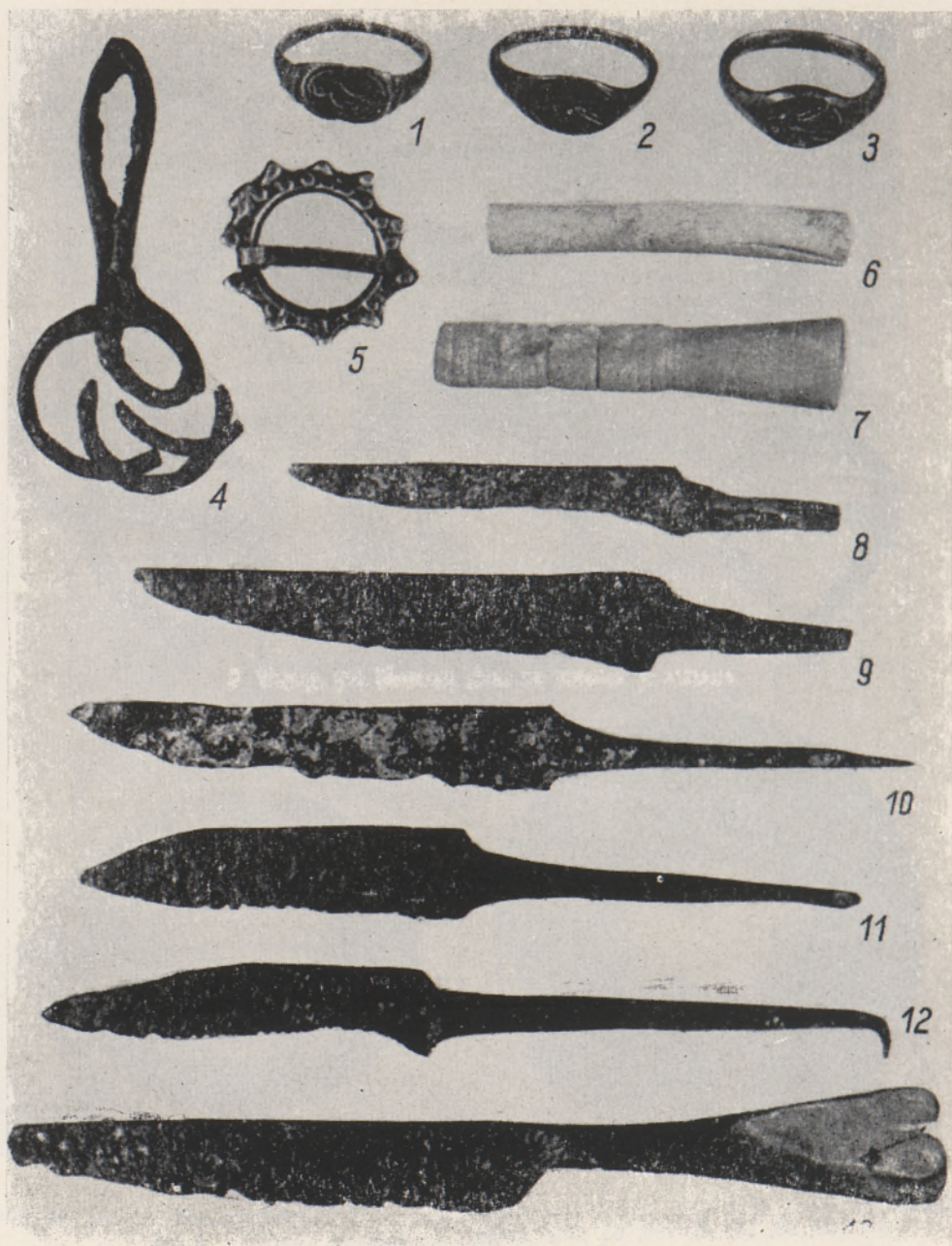
Funde von Ervu. 1 Messer, 2 Keramik, 3 Beschlag, 4–6 Anhänger, 7, 8 Perlen, 9, 10 Spiralfingerringe, 11 Hosenhaken, 12 Nadel, 13–16 Schnallen. (TU 2: 32, 38, 23, 221, 174, 1, 46a, 46b, 83, 37, 198, 59, 79, 104, 157, 80. 1, 12, 14, 15 — Eisen, 3–6, 9–11, 13, 16 — Bronze, 7 — Glas, 8 — Chalzedon; 1, 2 — 2:3, die anderen — 1:1.)



Funde von Ervu. 1, 2 Ringfibeln, 3—8 Hufeisenfibeln. (TU 2: 125, 215, 19, 114, 53, 210, 96, 56. Alle Bronze; alle — 1:1.)



Funde von Eruv. 1, 3, 4, 6 herzförmige Fibeln, 2, 5, 7, 8 Rundfibeln. (TU 2: 152, 67, 160, 95, 14, 73, 136, 63. Alle Bronze; 1-6, 8 — 1:1, 7 — 2:3.)



Funde von Ervu. 1—3 Siegelringe, 4 Gürtelringe mit Ringhalter, 5 sternförmige Fibel, 6, 7 Nadelbüchse, 8—13 Messer. (TU 2: 209, 35, 34, 194, 222, 112, 58, 107, 103, 113, 21, 169, 203. 1—3, 5 — Bronze, 4, 8—12 — Eisen, 6, 7 — Knochen, 13 — Eisen und Knochen; 1—3, 5 — 1:1, die anderen — 2:3.)



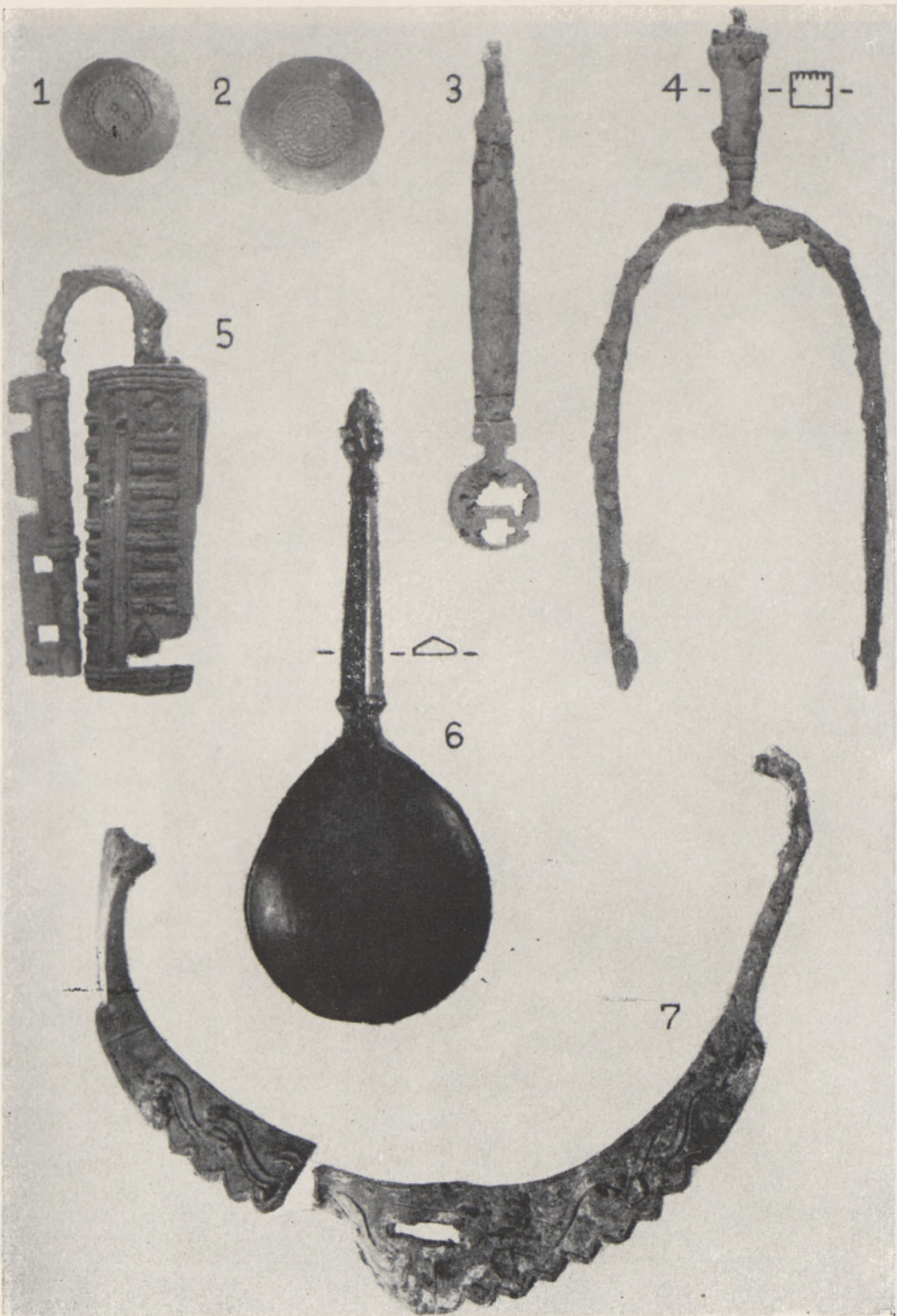
1. Maidla. Frauengrab.



2. Maidla. Kindesgrab.



Funde von Maidla. 1, 4 Hufeisenfibeln, 2, 3 Pferdefiguren, 5, 6, 11, 12, 14 Anhänger, 7 bronzenener Gegenstand, 8, 10 Beschläge, 9 Riemenzunge, 13 Schnalle. (AM 580: 4580, 4480, 5943, 5865, 6160, 4888, 6237, 5658, 6238, 5007, 5159, 5900, 5569, 6132. Alle 1:1.)



Funde von Maidla. 1, 2 Gewichte, 3 Schlüssel, 4 Sporn, 5 Schloß, 6 Löffel, 7 Steigbügel.
 (AM 580: 5941, 5942, 5502, 4642, 5965, 5550, 4274, 4275. 1, 2 — 1 : 1, alle anderen 2 : 3.)



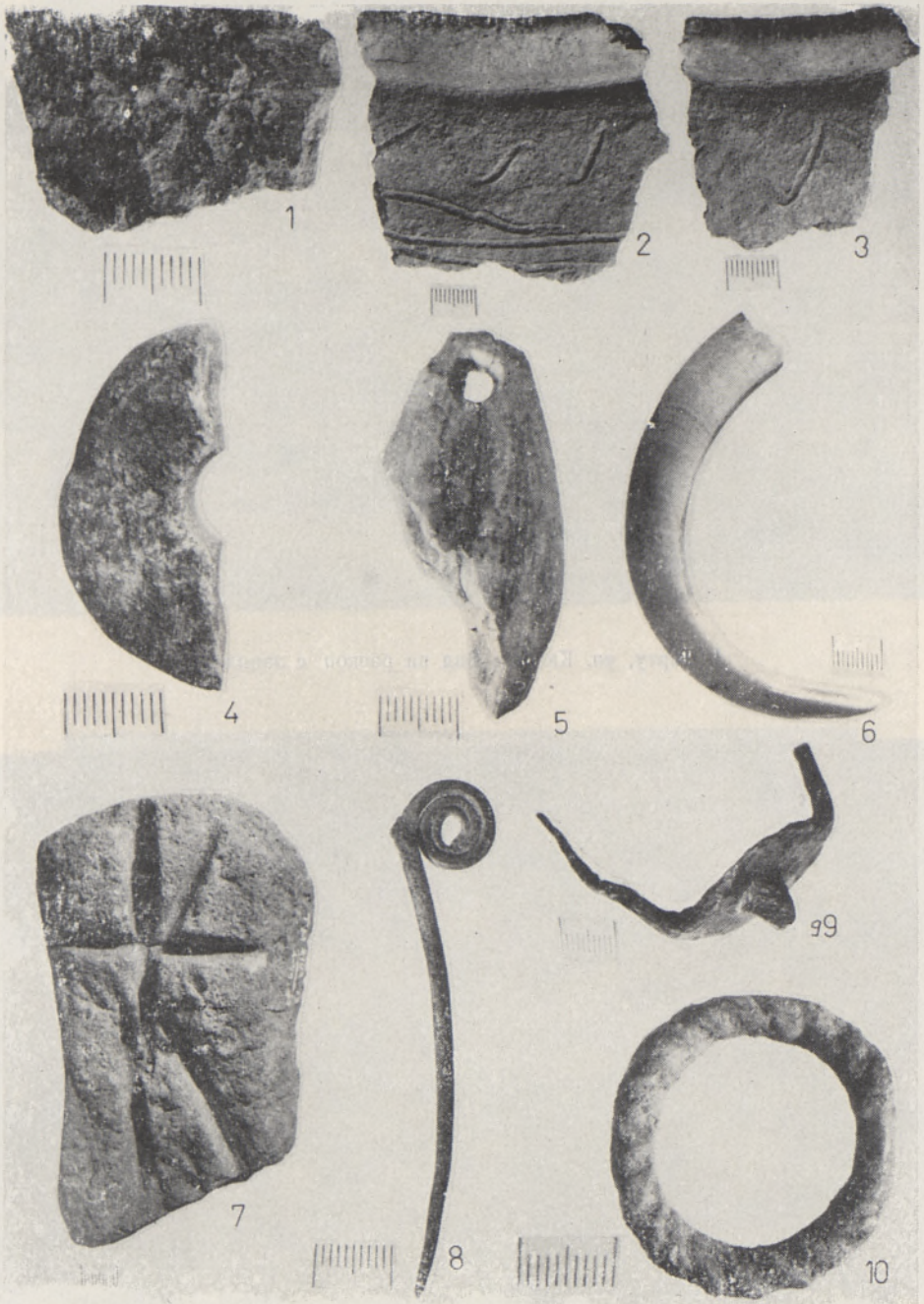
Funde von Maida. 1, 2, 4 Schnallen, 3 Schwertknauf, 5 Schildbuckel, 6 Pfeilspitze, 7 Messer. (AM 580. 5542, 5867, 4913, 4918, 4224, 4551, 5151. 3, 6, 7 — 2:3, alle anderen 1:1.)



1. Raadi. Ausgrabungen am Hauptgebäude des Gutshofes im Jahre 1989.



2. Raadi. Fundament eines früheren Gebäudes.



Funde von Raadi. 1—3 Keramik, 4 Spinnwirtel, 5 Bärenzahnamulett, 6 Wildschweineckzahn, 7 Wetzstein, 8 Ziernadel, 9 Eisnagel, 10 Schnalle. (TM 2102 — A 49: 116, 55 I, 55 II, 47, 94, 49, 73, 308, 107, 98.)



1. Тарту, ул. Кююни. Вид на раскол с запада.



2. Тарту, ул. Кююни. Разрез культурного слоя: средняя часть юго-западной стены раскопа. Вид с востока.



1. Lehmja-Pildiküla. Bestattung II.



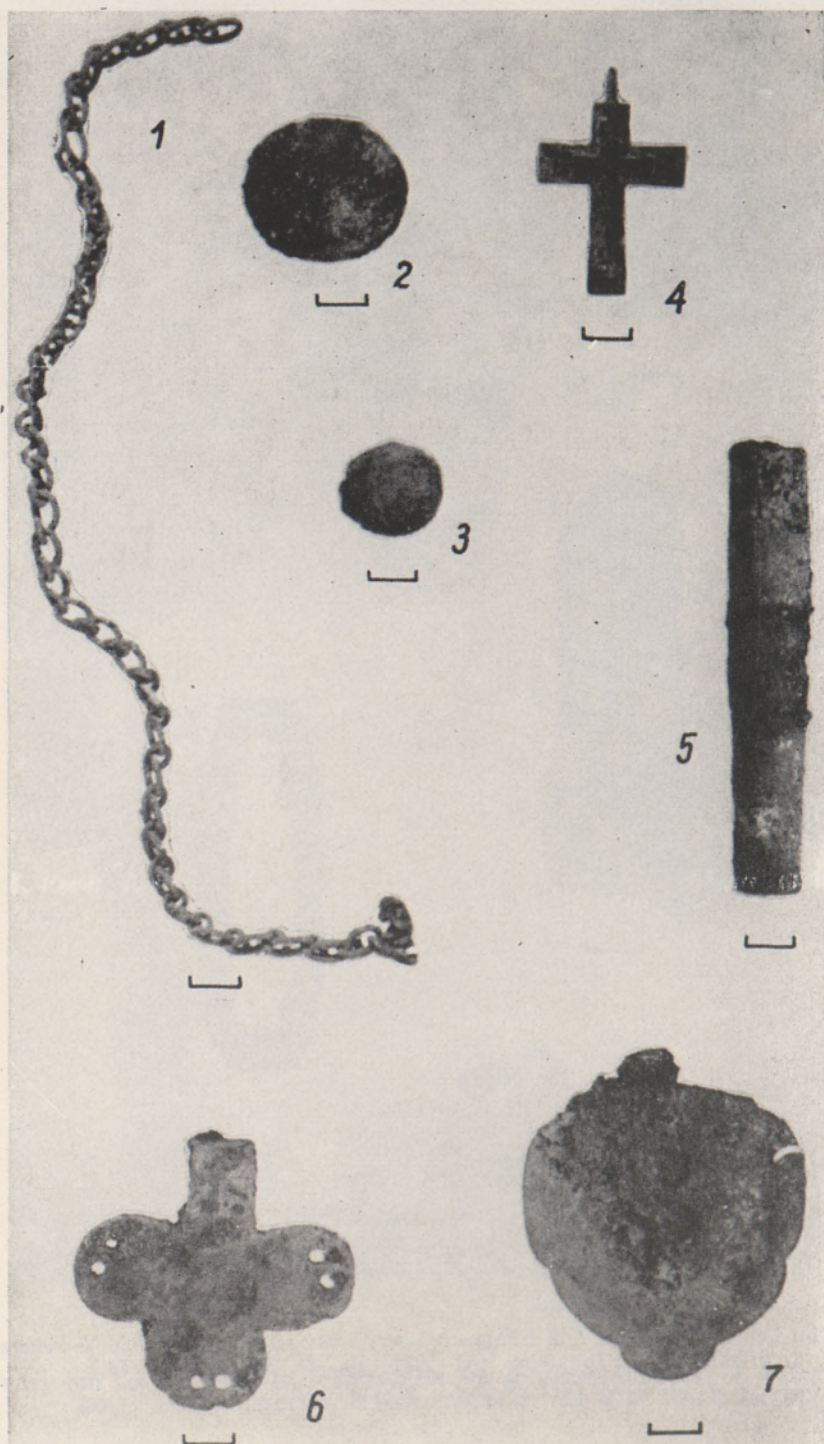
2. Lehmja-Pildiküla. Bestattung III.



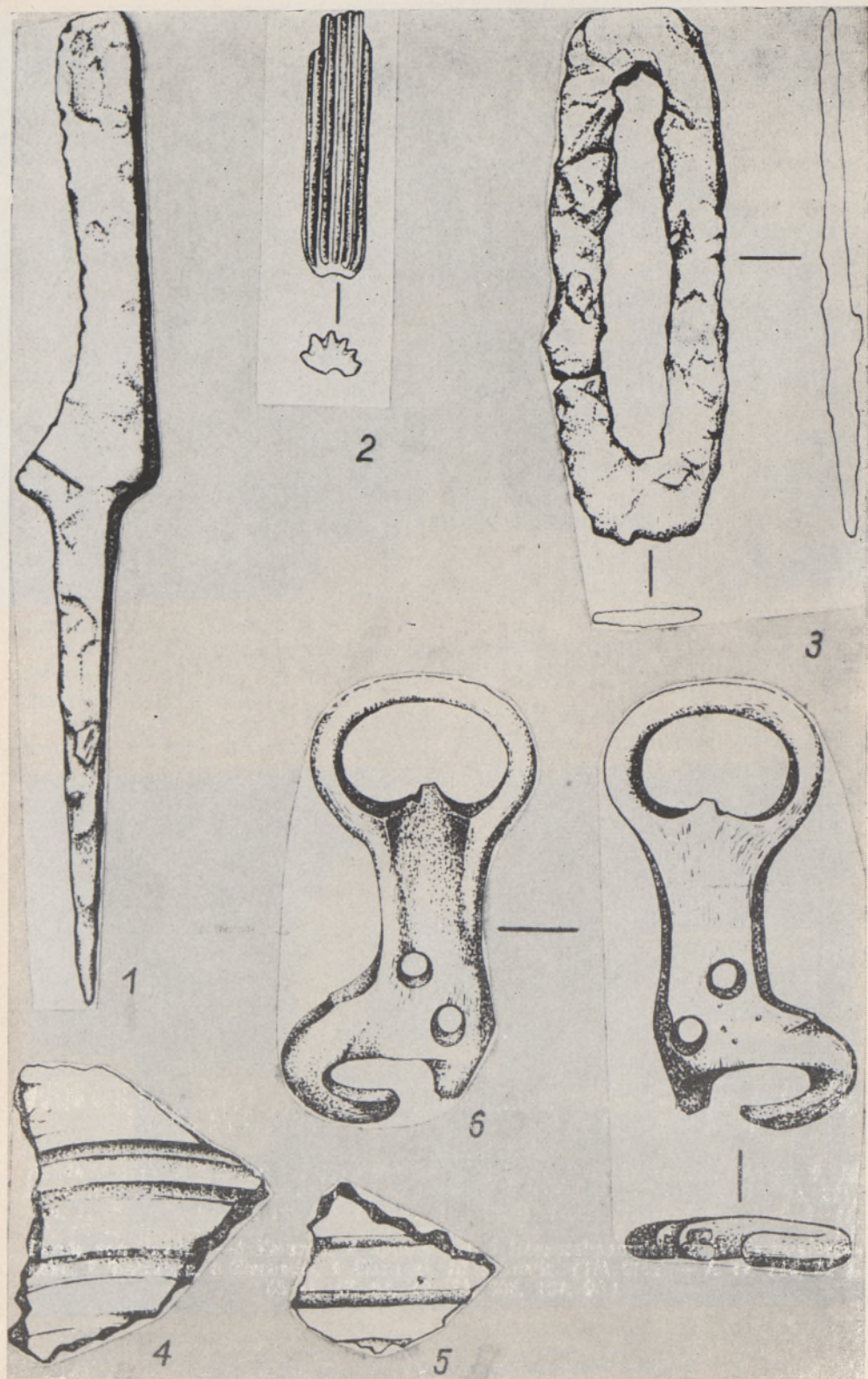
Funde von Lehmja-Pildiküla. 1 Ziegelstein mit gotischer Aufschrift, 2, 3 Tongefäßscherben, 4 Hakenpflugschar, 5 Sichelfragment. (AI 5922: 39, 1, 1a, 18, 7.)



Funde von Lehmja-Pildiküla. 1, 2 Hängeschlösser, 3 Messer, 4 Schleifstein, 5 Feuereisen, 6 holländische Tonpfeife. (AI 5922: 1b, 30, 30a, 75, 14, 74.)



Funde von Lehmja-Pildiküla. 1 Bronzekette, 2, 3 Bronzeknöpfe, 4 Bronzekreuz, 5 Messerhandgriff aus Bronze, 6, 7 Bronzebeschläge. (AI 5922: I 1, II 1, 76, 67a, 76a, 76b, 76c.)



Funde von Proosa. 1 Messer, 2 Handgriffbruchstück, 3 Feuereisen, 4, 5 Tongefäßscherben, 6 Gegenstand unbekanntens Zwecks. (TLM 23 782: 9, 5, 75, 57, 46; 23 783: 1.)



1. Tuiu. Ofenruinen aus dem 12.—13. Jh.



2. Tuiu. Eisenverhüttungsexperiment im Jahre 1989.

НОВОЕ В ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АРХЕОЛОГИИ

После почти десятилетнего перерыва в последние годы вновь начаты опыты по практическому моделированию производственных процессов былых времен.¹ Предприняты попытки изготовления по рецептуре предков керамики (А. Крийска), стекла (Т. Мяги) и железа (Ю. Пеэтс) из местного сырья. Результаты этих опытов позволяют судить о технических возможностях и умении древних мастеров. Материалы же, полученные в ходе экспериментов, можно использовать в качестве эталонов при исследовании археологических находок биологическими методами. Большинство опытов проведено на Сааремаа, в месте расположения полевой базы Туйуской археологической экспедиции.

Керамика. Опыты по изготовлению археологической глиняной посуды начаты в Эстонии осенью 1989 г. На полевой базе Лехмяской археологической экспедиции изготовлены из двух глиняных смесей различного состава шесть сосудов по образцу и подобию посуды железного века. Обжиг посуды производился в т. н. земляной печи.

Следующую серию опытов провели осенью 1990 г. на Сааремаа. Была поставлена задача получить сравнительный материал для изучения археологической керамики, а также выявить свойства глины как керамического сырья, применяя различные способы ее изготовления и обжига.

Для формовки посуды использовали местную глину в смеси с каменной крошкой подвергнутых обжигу булыжников. Глиняное тесто промешивали в течение 3—4 ч.

Изготовили шесть сосудов в трех разных техниках. Три — в ленточной технике (рис. 1), для двух из них за образец взяли неолитическую гребенчатую керамику.

Формовку начинали с горловины. После затвердевания глины на один из сосудов нанесли орнамент деревянным зубчатым штампом. Один из сосудов изготовили по образцу двуконической глиняной посуды, бывшей в ходу в бронзовом веке. Ее поверхность облили жидкой глиной (поливой).

По образцу глиняной посуды эпохи раннего металла изготовили маленький горшочек, поверхность которого отштриховали пучком сена. Сосуд сформовали из одного куска глины.

Для одного чашеобразного сосуда взяли за основу мелкую ребристую керамику времен викингов. Дно его и стенки сформовали из одной кругообразной глиняной пластины. В качестве венчика присоединили еще одну глиняную полоску. В месте соединения образовался выступ. Внешнюю поверхность отшлифовали после просушки камнем. Опыты польского археолога-экспериментатора М. Могельницкой-Урбановой показали, что обработанная таким способом глиняная посуда остается после обжига блестящей.² Подтверждено это и нашим экспериментом.

При изготовлении шестой емкости взяли за образец сильнопрофилированную рукодельную керамику позднего железного века. Перед обжигом сосудам давали просохнуть под навесом в течение месяца. Один из них, изготовленный по образцу гребенчатой керамики, подвергли обжигу на костре, поместив его в слой песка на глубину 20 см. Хотя время обжига составило 4,5 ч, песчаный слой оказался более сильным изолятором, нежели ожидалось, и температура обжига вследствие этого

¹ Первые экспериментально-археологические опыты были предприняты Танелем Моора в конце 60-х годов для получения информации о подсечном земледелии.

² Малинова Р., Малин Я. Прыжок в прошлое. Москва, 1988, с. 163.

оказалась недостаточной. Поскольку в сосуде оставался еще несгоревший органический материал, можно заключить, что температура не превышала 350°C.

Остальные сосуды обжигали в земляной печи (рис. 2). Для этого вырыли яму глубиной в 50 см и 125 см в диаметре. Для предварительного прогрева земляной печи в ней в течение 2 ч поддерживали костер. Затем сосуды поместили на тлеющие угли, между ними и вокруг них раскидали мелкий хворост, сосуды покрыли сучьями и обложили толстыми поленьями на 20—30 см выше ямы. Поленицу накрыли дерном, оставив отдушины для проветривания. Уже через 1 ч после возгорания поленицы температура в ее верхней части поднялась до 650°C, а в области нижней отдушины достигла 950—1000°C. Спустя 6 ч все отдушины закрыли, температура стала постепенно снижаться. В течение всего следующего дня она держалась в пределах 300—400°C. На четвертый день печь достаточно остыла.

Все сосуды оказались целыми и в достаточной мере обожженными, за исключением сосуда с выступом, находившегося слишком глубоко на дне печи. Поскольку обжиг производился в малоокислородной редуцирующей среде, все сосуды обрели темную окраску.

В итоге эксперимент удался. Глиняная масса оказалась пригодной к употреблению, как и формовочная техника. Изготовление сосудов дало опыт для дальнейших поисков. Результативность же шлифовки наружной поверхности с помощью камня свидетельствует по меньшей мере об одном из возможных способов изготовления черной блестящей керамики.

Еще раз нашла подтверждение мысль о пригодности земляной печи для обжига глиняной посуды. Опыт показал, что температура в яме достигает 800—1000°C. При этой температуре в керамической смеси начинается химический процесс, в ходе которого глина становится неразмягчаемой в воде.³ Очевидно, в земляной печи возможно значительно более гибко направлять процесс обжига. Надо думать, возможно и проведение процесса обжига в насыщенной кислородом оксидирующей среде. Опыты прибавили идей для дальнейшего экспериментирования.

Стекло. На территории Эстонии пока не обнаружено следов изготовления стекла в древности и в раннем средневековье. Отсутствуют и письменные свидетельства. Целью экспериментов, проведенных в августе 1990 г. на полевой базе Туйуской археологической экспедиции, было выяснение возможности местного стеклопроизводства в принципе. Интересно было также проверить пригодность местного сырья и возможность тонирования стеклянной массы цветными железными шлаками.

В первой серии опытов в качестве сырья использовали промытый дюнный песок и золу хвойных и лиственных деревьев в пропорции 1:2. Компоненты смешивали в кварцевом тигле. В начале процесса на горне (рис. 3) тигель обкладывали снаружи древесным углем и прогревали при естественной тяге 7—8 ч, добавляя по мере необходимости угли. Температуру поддерживали в пределах 900—1000°C. Затем ее повышали до 1300—1400°C, увеличивая воздушную тягу с помощью мехов (рис. 4). Такой режим поддерживали 1,5 ч. Расплавленную стеклянную массу выливали в воду. Образовавшееся стекло-сырец было темно-синего цвета и малопрозрачно. Оно размальывалось и суспензировалось в воде, где отделялись нежелательные растворимые примеси. Стеклянная масса, полученная после плавки твердого остатка, была заметно светлее, полупрозрачной и более однородной.

Во второй серии экспериментов для понижения температуры стеклянной массы использовали рафинированный зольный щелок. Для его получения древесную золу суспензировали в воде, после чего водный

³ Gebauer, W. *Kunsthanderwerkliche Keramik*. Leipzig, 1988, с. 162.

раствор выпаривали. Полученный щелок смешивали с промытым песком в соотношении 1:2. Плавильный процесс длился при температуре 1200°C 4 ч. Полученная стеклянная масса была голубой и прозрачной.

В целом эксперименты удались. Полученный продукт имеет все характерные для стекла признаки (прозрачность, термопластичность, эластичность тонких стеклянных тканей и т. д.). Нуждаются в выяснении причины, почему сырец из золы и песка был столь темным и малопрозрачным и какие именно примеси обусловили его синюю окраску. Представляют интерес и возможности понижения температуры плавления сырца, как и ее зависимость от пропорции исходных веществ. Полученное стекло применимо в качестве эталонного материала при исследовании археологических находок. Для решения возникших вопросов необходимо продолжить эксперименты.

Железо. Первые попытки получить железо в примитивных плавильнях были предприняты в Эстонии лет десять назад. Зачинателем серии опытов стал инженер-строитель и краевед А. Лаурингсон. Опыты, однако, не увенчались успехом.

Одной из частей составленного в 1985 г. проекта по исследованию древней металлургии предусматривалось провести серию опытов по экспериментальному моделированию примитивного производства железа.

Летом 1988 г. на первом исследованном участке раскопок Шлаковых гор (Рауасаатмемяед) в Туиу построили пробную печь № 1 для экспериментальной выплавки железа. Ее реконструкцию подсказали остатки плавильни 12—13 вв. (табл. XXVIII, 1), обнаруженные на этой же площадке.⁴ Единственным параметром, который не представлялось возможным по ним определить, была высота печи. Исходя из посылки, что плавильня должна быть доступной для внутреннего ремонта, была выбрана глубина шахты на уровне вытянутой руки, т. е. 80—90 см (рис. 5). Эксперименту предшествовало углежжение. Руда добыта в Лахемаа, на Железном болоте (Рауасоо) в Тыугу.

Первый опыт произвели 20 сентября 1988 г. Получили 680 г металла, на что пошло 7 кг обогащенной путем прокаливания на костре руды. Из-за слишком интенсивной тяги температура в плавильне поднялась выше оптимальной, и железо расплавилось. Образовался металлический слиток структуры белого чугуна. В следующем опыте под конец процесса вышли из строя меха. Железо все же получили. В 1989 г. построили еще две плавильни (№ 2 и 3), одну опять подземную, вторую наземную, чтобы во время процесса иметь возможность измерять температуру на разных уровнях печи. Для этого в стенке плавильни просверлили отверстия для выхода термпаров (рис. 6). На этот раз целью экспериментов было получение железа, пригодного дляковки. Всего провели девять плавов в печах № 1 и 2 (табл. XXVIII, 2). Хотя все опыты завершились удачно, количество полученного металла осталось незначительным. В наиболее удачном опыте получили чуть более 200 г железа. Оно было ковким и близким по качеству изготавливаемому в древности.

Осенью 1990 г. провели следующие четыре опыта, на сей раз в плавильне № 3. В ходе всего процесса производили замеры температуры. Близ сопла она достигала 1400°C, в верхней же части не превышала 300—400°C (рис. 6). Изучали также воздействие шихты на количество железа. С этой целью смешали 8 кг прокаленной руды с 1,7 кг известняка. Опыт показал, что на примитивный процесс плавки шихта не оказывает ни малейшего воздействия. Тем самым нашло подтверждение

⁴ Peets, J. Vorzeitliches und frühmittelalterliches Eisenverhüttungszentrum in Tuui auf der Insel Saaremaa. — ENSV TA Toim. Ühisk., 1988, № 4, с. 388.

ранее высказанное на основе результатов анализа древних шлаков мнение, что в примитивном плавильном процессе шихта не применялась.⁵

В последнем опыте процесс был 3-цикличным. По завершении одного цикла печь вновь заполняли углями и рудой. Всего из 22 кг руды получили 2 кг с лишним железа. Успех эксперимента свидетельствует о том, что найден один из возможных способов, применяемых мастерами прошлого для получения большего количества железа.

Хотя результаты опыта можно считать удовлетворительными, остаются некоторые проблемы, требующие экспериментальной проверки. Так, остается неясным вопрос о ходе процесса при небольших, но неоднократно добавляемых количествах руды. Интересно было бы узнать, сколько циклов подряд выдерживает плавильная печь такой конструкции.

Основным результатом экспериментов по выплавке железа стало, бесспорно, доказательство пригодности для работы построенных нами плавильных печей.

⁵ Lavi, A., Peets, J. Uusi andmeid Eesti muistsest rauametallurgiaest. — В кн.: Kõrge-
ma tehnilise hariduse ja tehnilise mõtte areng Eestis. Tallinna Polütehnilise Instituudi
Toimetised, 1984, № 590, с. 46—47.

Lühendid — Сокращения — Abkürzungen

- AI = Eesti Teaduste Akadeemia Ajaloo Instituut — Институт истории Академии наук Эстонии — Institut für Geschichtsforschung der Estnischen A. d. W.
AM = Eesti Ajaloomuuseum — Эстонский исторический музей — Estnisches Historisches Museum
TLM = Tallinna Linnamuuseum — Таллинский городской музей — Tallinner Stadtmuseum
TM = Tartu Linnamuuseum — Тартуский городской музей — Tartuer Stadtmuseum
TMN = Eesti Kultuuriministeeriumi Teaduslik-Metoodiline Nõukogu — Научно-методический совет Министерства культуры Эстонии — Wissenschaftlich-methodischer Rat am Estnischen Kulturministerium
TÜ = Tartu Ülikool — Тартуский университет — Tartuer Universität