

**Широков А.Е.**,  
ведущий государственный судебный эксперт ЛКЭ  
ФБУ Приволжский РЦСЭ Минюста России,  
кандидат химических наук

**Баранов В.А.**,  
ведущий государственный судебный эксперт ЛКЭ  
ФБУ Приволжский РЦСЭ Минюста России

**Рыжков Д.В.**,  
ведущий государственный судебный эксперт ЛКЭ  
ФБУ Приволжский РЦСЭ Минюста России

## **ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНОЙ ГЛИНЫ (ТЕРМОТВЕРЖДАЕМОЙ ПЛАСТИКИ) ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ТРАСОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ И ЭКСПЕРТИЗ МАРКИРОВОЧНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ**

О применении полимерной глины для изготовления слепков при проведении трасологических экспертиз и экспертиз маркировочных обозначений, возможных способах ее использования и преимуществах перед традиционно применяемыми для этих целей материалами (гипс, пластилин). Приведены данные по химическому составу некоторых марок полимерной глины.

**Ключевые слова:** полимерная глина, поливинилхлорид, трасология, маркировочные обозначения, слепок

---

### **A. Shirokov**

Lead forensic examiner Laboratory of Forensic Evidence Examinations Privolzhsky Regional Center of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation  
PhD (Chemistry)

### **V. Baranov**

Lead forensic examiner Laboratory of Forensic Evidence Examinations Privolzhsky Regional Center of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation

### **D. Ryzhkov**

Lead forensic examiner Laboratory of Forensic Evidence Examinations Privolzhsky Regional Center of Forensic Science of the Ministry of Justice of the Russian Federation

## **THE USE OF POLYMER CLAYS (THERMOPLASTIC POLYMERS) IN FORENSIC TRACE EVIDENCE AND MARKINGS ANALYSIS**

The paper discusses the use of polymer clays for casting in forensic trace evidence and markings examinations, and outlines their possible applications and advantages compared with traditionally used materials (plaster, plasticine). Examples of chemical compositions for several brands of polymer clay are also included.

**Keywords:** polymer clay, polyvinyl chloride, forensic trace evidence examination, markings, casting.

---

Среди множества существующих сейчас материалов для прикладного творчества в последнее время достаточную известность получила полимерная глина или пластика. Сведения об этом можно найти даже в научно-популярной литературе и в Интернете, поскольку лепка с использованием указанного материала успела стать довольно распространённым хобби среди любителей<sup>1,2</sup> и надёжно заняла своё место в ассортименте выразительных средств у профессиональных дизайнеров и художников<sup>3,4</sup>.

Полимерная глина производится многими предприятиями в России (например, ООО «Артефакт») и за рубежом (пластика марок «Fimo», «Cernit», «Sculpey» и пр.). Основу её составляет поливинилхлорид (ПВХ), однако в отличие от подавляющего большинства изделий из указанного полимера данный материал отличается тем, что поступает в продажу не подвергшись процессу желатинизации. Иными словами, полимерная глина представляет собой пластизол – по сути механическую смесь порошкообразного ПВХ с пластификатором. Именно благодаря этому она обладает высокой пластичностью и является весьма удобным материалом для лепки, напоминая по консистенции более известный пластилин. При так называемом запекании – нагревании в течение некоторого времени (обычно порядка 20-30 мин.) при температуре 110-130 °С (наиболее часто встречающиеся рекомендуемые производителями значения) происходит впитывание пластификатора в зёрна ПВХ, которые набухая и размягчаясь, сцепляются друг с дружкой и сливаются в итоге в монолитную массу [1, 2]. Это приводит к тому, что полимерная глина при термообработке теряет пластичность и затвердевает, фиксируя приданную ей перед этим форму.

<sup>1</sup> Константинов Е. «Пластилиновая ворона, полиморфусный кот и компания» – Наука и жизнь, 2015, № 1, с. 94

<sup>2</sup> Про полимерную глину и не только // SHURICHIMIK.NAROD.RU: Персональный сайт Широкова А.Е. URL: <http://shurichimik.narod.ru/consideration/21plastika/21plastika.htm> (дата обращения: 28.12.2015)

<sup>3</sup> «Мастер-классы и обзоры» (раздел сайта) // KALINKAPOLINKA.RU: Интернет-магазин (ИП Калиничев А.О.). URL: <http://www.kalinkapolinka.ru/publ/> (дата обращения: 28.12.2015)

<sup>4</sup> Сайт «Polymerclay. Полимерная глина (термопластика)». URL: <http://полимерная-глина.рф/> (дата обращения: 28.12.2015)

По мнению авторов настоящей статьи у полимерной глины есть хороший потенциал для использования её в качестве следовоспринимающего материала с целью изготовления слепков при проведении трасологических исследований и исследований маркировочных обозначений. Так, в практику ФБУ Приволжский РЦСЭ Минюста России внедрено использование пластики для фиксации маркировочных обозначений номерных агрегатов транспортных средств в случаях, когда их фотографирование невозможно или осложнено по различным причинам – например, когда исследуемая маркировка находится в труднодоступном для детального исследования месте (без предварительного демонтажа навесного оборудования). Снятие копий на слепки позволяет в последующем проводить их исследование в стационарных лабораторных условиях.

Среди достоинств полимерной глины при использовании для указанных выше целей важно отметить следующие.

1. Пластика имеет низкую адгезию к металлическим поверхностям, благодаря чему легко отделяется от поверхности объекта-оригинала в отличие, например, от гипса. Простота отделения от слепообразующей поверхности позволяет также легко визуально проконтролировать качество полученного слепка и в случае необходимости оперативно выполнить его повторно.

2. Благодаря способности затвердевать при нагревании полимерная глина по сравнению с пластилином является более удобным материалом для дальнейшей работы со слепками. Последнее обусловлено тем, что пластилин постоянно пластичен, вследствие чего даже при небольшом случайном механическом воздействии на него некоторые черты рельефа поверхности слепка могут быть утеряны. Запечённая пластика такого недостатка лишена и пригодна для создания коллекции копий маркировочных обозначений (в натуральную величину), стеклянных рассеивателей автомобильных фар и т.п.

Изготовление слепков может выполняться и при необходимости сохранения информации о первоначальном виде объекта перед последующим применением разрушающего метода исследования, например, химического травления маркировочной площадки; для создания копий объектов для последующего моделирования. При этом наиболее информативны слепки,



Рис. 1. Фотоизображение слепка, выполненного с маркировочной площадки кузова автомобиля ВАЗ-2110 и увеличенное изображение её участка с тремя знаками (слепок получен при однократном контакте с объектом и запекался отдельно).

полученные запеканием в условиях непосредственного контакта с объектом.

В целях иллюстрирования заключений и оцифровки для создания электронной базы данных слепков могут быть использованы следующие аппаратные средства – планшетные сканеры, цифровая и аналоговая фотоаппаратура, фотонасадки к микроскопам (типовой образец слепка маркировки автомобиля ВАЗ-2110 представлен на рис. 1).

Следует отметить, что достижение необходимого яркостного (свето-теневого) контраста в случае «оцифровки» полученных на слепках копий является одной из первоочередных задач и на практике наиболее успешно осуществляется посредством фотографирования слепков с использованием дополнительных источников света, обеспечивающих оптимальное контрастирующее освещение. При этом весьма немаловажным является цвет пластики, который можно варьировать введением в неё красителей (в том числе – сажи). Однородность цветового тона выполненного слепка исключает влияние фона (его цвета, текстуры, «пестроты» поверхности, на которой нанесена маркировка, либо имеются исследуемые рельефные следы), мешающего восприятию полезных деталей. Иными словами, получение слепков в ряде случаев способно исключить необходимость использования светофильтров.

Поскольку рельефные маркировочные обозначения, как правило, наносятся на плоские металлические поверхности на глубину 0,5-1,5 мм, становится возможным также и использование сканеров в целях получения цифровых изображений полученных слепков. При этом, наряду с макси-

мальным оптическим разрешением данных устройств, становятся значимыми такие его технические характеристики, как достаточная глубина резкости и низкая чувствительность к посторонней засветке при открытой крышке, а также возможность изменения положения (варьирования угла наклона) закреплённого на стекле объекта в целях усиления при сканировании контраста яркостных составляющих признаков объектов, выраженных незначительными пространственными отношениями (маркировки, частично уничтоженные коррозией; объёмные следы со «слабым» рельефом). Перечисленные требования наиболее успешно реализуются ПЗС-сканерами. Дело в том, что глубина резкости КДИ-сканеров  $\pm 0,3$  мм, тогда как для сканеров с ПЗС она равна  $\pm 3$  мм. Также, благодаря оптической системе зеркал «лишний» свет на матрицу в ПЗС-сканерах не проецируется.

В работе с выполненными копиями на слепках авторами использовались планшетный сканер «Epson-PV700 Photo» и цифровая зеркальная фотокамера «Canon EOS 5D» с макрообъективами («EF 50mm/f2.5 CompactMacro»; «EF 100mm/f2.5 Macro USM»), фотовспышками («CanonSpeedlite 430 EX»; «Sigma EM-140 DG RingLightFlash») и штатными осветителями к микроскопу МБС-10. В целях конвертирования обратных изображений в прямые и их последующей цифровой обработки использовался графический редактор «AdobePhotoshop CS2 8.0».

Для большей наглядности на рис. 2, 3 изображены полученные в различных условиях слепки, которые иллюстрируют вышеописанные возможности применения в экспертной работе такого современного мате-

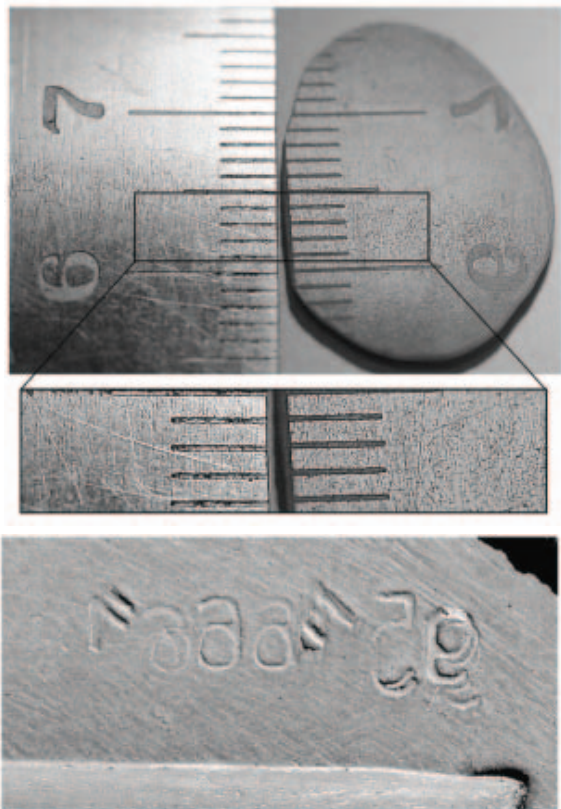


Рис. 2. Фотоизображение участка металлической линейки и полученного с данного участка слепка из полимерной глины (запекание пластики проведено при непосредственном контакте с объектом).

риала как полимерная глина. Детализация копий такова, что позволяет чётко дифференцировать слабовыраженные следы механической обработки, поверхностные царапины, мелкорельефные элементы частично уничтоженных знаков и т.п.

Отдельно хотелось бы рассмотреть следующий аспект, касающийся пластики как полимерного материала. Сведения о конкретных его компонентах, которые можно получить из открытых источников, несколько разнятся и даже бывают противоречивыми, в связи с чем представляло интерес установить более определённо его химический состав на примере полимерной глины какой-либо конкретной марки, для чего была взята пластика «Сонет» белого цвета (выбор материала такого цвета обусловлен бóльшим удобством для исследования по причине отсутствия в нём красителей).

Метод рентгено-флуоресцентного анализа (РФА) показал наличие в этой полимерной глине хлора, кальция, титана и кремния (рис. 4). Спектры снимали на приборе «Spectroscan МАКС-GV» (НПО «Спектрон»), который работает под управлением компьютерной программы «SpV-4096», входящей в комплект поставки данного спектрометра. Технические характеристики прибора: рентгеновская трубка – с

Рис. 3. Сканированное изображение слепка, выполненного с маркировочной площадки хвостовика колодки ружья ИЖ-43 (запекание пластики проведено при непосредственном контакте с объектом).

медным анодом, диапазон определяемых элементов –  $11 \leq Z \leq 92$  (от Na до U), детектор – газоразрядный счётчик, развёртка спектра – дифракция на кристаллах-анализаторах ( $\text{LiF}_{[200]}$ ,  $\text{C}_{[002]}$ , KAP). Условия анализа: диапазон сканирования 1000 – 12500 мÅ, напряжение / ток трубки – 40 кВ / 2 мА, шаг сканирования 2 мÅ, экспозиция 1 с.

Хлор входит в состав самого полимера-основы (ПВХ). Наличие остальных элементов говорит о том, что исследуемая пластика содержит минеральные компоненты – соединение кальция с примесью (добавками) соединений титана и кремния (вероятно, в виде  $\text{TiO}_2$  и  $\text{SiO}_2$  соответственно).

Далее был получен инфракрасный (ИК) спектр полимерной глины. Спектр регистрировали на снабжённом приставкой НПВО ИК-Фурье-спектрометре «Infracum FT-801» (ООО НПФ «Симекс»), который работает под управлением компьютерной программы «ZalR 3.5», входящей в комплект поставки прибора (условия регистрации спектра: волновой диапазон 600 – 4000  $\text{см}^{-1}$ ; разрешение 4  $\text{см}^{-1}$ ; количество сканов – 50).

ИК-спектр исследуемой пластики можно охарактеризовать следующим образом (рис. 5). В нём имеются интенсивные полосы, характерные для сложноэфирных групп ( $1725 \text{ см}^{-1}$  – валентные колебания в

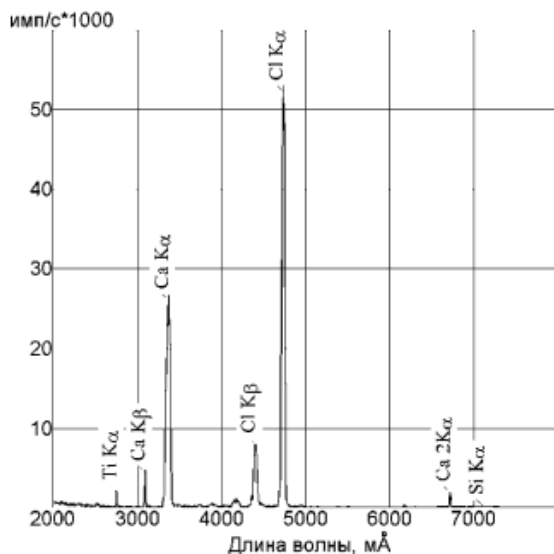


Рис. 4. Фрагмент рентгено-флуоресцентного спектра полимерной глины «Сонет» с линиями К-серии хлора ( $K_{\alpha,Cl} - 4728,8 \text{ мÅ}$ ;  $K_{\beta,Cl} - 4403,0 \text{ мÅ}$ ), кальция ( $K_{\alpha,Ca} - 3359,6 \text{ мÅ}$ ,  $K_{\beta,Ca} - 3089,7 \text{ мÅ}$ ), титана ( $K_{\alpha,Ti} - 2749,8 \text{ мÅ}$ ) и кремния ( $K_{\alpha,Si} - 7126,2 \text{ мÅ}$ ).

карбонильной группе  $C=O$ ,  $1270 \text{ см}^{-1}$  – валентные колебания связи  $C-O$ ).

Следующие по интенсивности полосы  $1423 \text{ см}^{-1}$  и  $874 \text{ см}^{-1}$  характерны для мела (карбоната кальция, что также согласуется с данными РФА) и потому свидетельствуют о наличии его в составе пластики, куда он входит в качестве наполнителя и пигмента.

Полосы  $709 \text{ см}^{-1}$  и  $1578 \text{ см}^{-1}$  относятся соответственно к деформационным и валентным колебаниям ароматического кольца, кроме того, полоса  $1040 \text{ см}^{-1}$  характерна для колебаний орто-замещённых ароматических циклов.

Таким образом, полученный спектр в целом имеет вид, довольно характерный для ПВХ, пластифицированного фталатами – сложными эфирами орто-фталевой кислоты – данные соединения наиболее часто используются для пластификации этого полимера. Пластификатора в ПВХ добавляется

обычно немало, что и обуславливает высокую интенсивность его полос поглощения в ИК-спектрах (в том числе и в рассматриваемом здесь), фактически «забивающих» полосы собственно полимера, хотя некоторые из них всё-таки можно рассмотреть – в данном случае это  $958 \text{ см}^{-1}$  (присутствует и в спектре непластифицированного ПВХ), а также  $1334 \text{ см}^{-1}$ , слабая по интенсивности и отвечающая колебаниям связи  $C-N$  в  $SNCl$ -группе [3, 4].

С целью уточнения типа пластификатора был получен хлороформный экстракт полимерной глины, который исследовался методом хромато-масс-спектрометрии.

Анализ проводили на хроматографе «Кристалл 5000.1» (СКБ «Хроматэк»), сопряжённом с масс-спектрометром TRACE DSQ (компания «TermoFinnigan») при следующих условиях: колонка – RTX-5MS, ( $30 \text{ м} \times 0,25 \text{ мм} \times 0,25 \text{ мкм}$ );  $T_{\text{нач.}} = 120 \text{ °C}$ ; выдержка 1 мин.; нагрев  $15^\circ/\text{мин.}$  до  $280 \text{ °C}$ ; полное

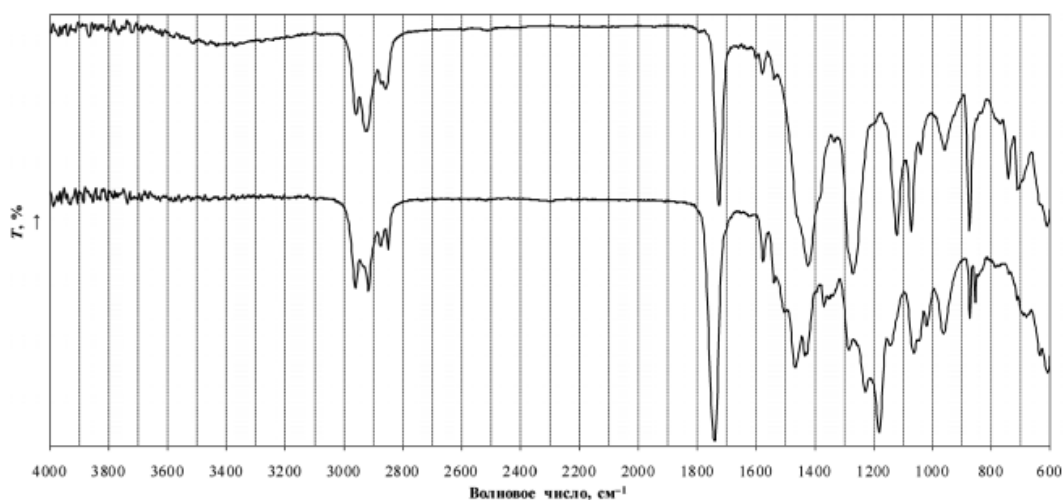
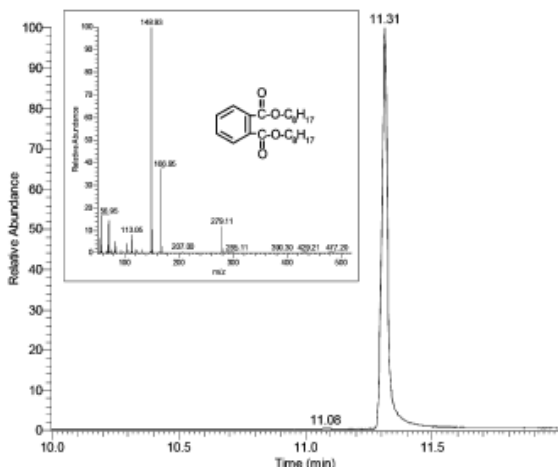


Рис. 5. ИК-спектры полимерных глин «Сонет» (верхняя кривая) и «FimoSoft».



время анализа 30 мин.;  $T_{исп.} = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ ; сброс 1:21; объём вводимой пробы 1 мкл; диапазон сканирования от 50 до 500 ед. ат. массы; частота сканирования 5 скан./с; энергия электронов 70 эВ. Обработку и расшифровку результатов проводили при помощи компьютерного программного комплекса "Xcalibur 1.4" и электронной библиотеки масс-спектров "NIST MS Search 2.0", входящих в комплект поставки прибора.

На хроматограмме экстракта (рис. 6) фиксируются два пика. Масс-спектр вещества, соответствующего компоненту со временем удерживания 11,31 мин., по наличию и относительной интенсивности осколков (наиболее интенсивные из них имеют массы 57, 71, 113, 149, 167, 279) совпадает с библиотечным масс-спектром диоктилфталата  $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COO}-\text{C}_8\text{H}_{17})_2$ . Другой пик (время удерживания 11,08 мин.), имеющий очень малую интенсивность, соответствует диизооктилфталату. Таким образом, хлороформный экстракт пластики содержит диоктилфталат с незначительной примесью диизооктилфталата.

Резюмируя результаты проведённых исследований можно сказать, что основу изучавшейся полимерной глины «Сонет» составляет ПВХ, содержащий диоктилфталат в качестве пластификатора и мел – в качестве наполнителя и пигмента. Перечисленные вещества довольно типичны для изделий из ПВХ-пластиката, которые встречаются в практике экспертов-криминалистов, занимающихся исследованием полимерных материалов. Тем не менее, в заключение хотелось бы отметить, что разница в химическом составе у пластики разных марок всё же имеется. Так с применением описанного выше комплекса инструментальных методов была дополнительно исследована весьма популярная импортная

Рис. 6. Фрагмент хроматограммы (по полному ионному току) хлороформного экстракта пластики «Сонет». На врезке изображён масс-спектр компонента со временем удерживания 11,31 мин. (диоктилфталата).

пластика марки "Fimo Soft" (условия проведения анализа аналогичны указанным выше; ИК-спектр данной полимерной глины приведён на рис. 5). У неё по составу минеральной части особых отличий от «Сонета» выявлено не было, а вот пластификатор там оказался совершенно иной – трибутилацетилцитрат  $\text{CH}_3\text{OC}(\text{O})-\text{C}(\text{CH}_2\text{C}(\text{O})\text{OC}_4\text{H}_9)_2\text{C}(\text{O})\text{OC}_4\text{H}_9$  (время удерживания – 9,75 мин.; наиболее интенсивные осколки в масс-спектре: 57, 129, 185, 259).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штаркман Б.П. Пластификация поливинилхлорида. М.: Химия. 1975. 248 с.
2. Пластизоли (для студентов-химиков). Методическая разработка для лабораторного практикума / Сост. С.А. Рябов. Нижний Новгород. ННГУ им. Н.И. Лобачевского. 1999. 10 с.
3. Купцов А.Х., Жижин Г.Н. Фурье-спектры комбинационного рассеивания и инфракрасного поглощения полимеров. Справочник. – М.: Физматлит. 2001. 656 с.
4. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир. 1982. 328 с.

### REFERENCES

1. Shtarkman B.P. Plastifikatsiya polivinilkhlorida [Polyvinylchloride plasticization]. Moscow, Chemistry Publ., 1975. 248 p. (In Russ).
2. S.A. Ryabov. Plastizoli (dlya studentov-khimikov). Metodicheskaya razrabotka dlya laboratornogo praktikuma [Plastisols (for students chemists). Methodical tutorial for a laboratory practical work]. Nizhnii Novgorod, N.I. Lobachevsky NNGU Publ., 1999. 10 p. (In Russ).
3. Kuptsov A.Kh., Zhizhin G.N. Fur'e-spektry kombinatsionnogo rasseivaniya i infrakrasnogo pogloshcheniya polimerov. Spravochnik [Fourier ranges of combinational dispersion and infrared absorption of polymers. Reference book]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001. 656 p. (In Russ).
4. Smith A. Prikladnaya IK-spektroskopiya [Applied infrared spectroscopy] Moscow, Mir Publ. 1982, 328 p. (In Russ).