

© П.М. Баранов¹, О.В. Сливна¹, Б.М. Жук²¹ Дніпропетровський науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, Дніпро, Україна² Державний науково-дослідний експертно-криміналістичний центр МВС України, Київ, Україна

ЕКСПЕРТНА ОЦІНКА ВЕЛИКИХ ПАРТІЙ БУРШТИНУ

© P. Baranov¹, O. Slyvna¹, B. Zhuk²¹ Dnipropetrovsk Scientific Research Expert Cryminalistic Forensic Center of the MIA (Ministry of Internal Affairs) of Ukraine, Dnipro, Ukraine² State Scientific Research Expert Cryminalistic Forensic Center of the MIA (Ministry of Internal Affairs) of Ukraine, Kyiv, Ukraine

REDUCTION OF BATCHES OF LARGE QUANTITIES OF AMBER

Мета. Здійснити комплексний аналіз проблем судової гемологічної експертизи, що виникають при дослідженні промислових та напівпромислових партій бурштину у сировині масою понад 100 кг для подальшого вивчення у лабораторних умовах, сформулювати відповідні рекомендації.

Методика. В роботі використані загальнонаукові та спеціальні методи дослідження –теоретичні (аналіз, узагальнення, порівняння), гемологічні та економічні. Основна частина роботи базується на практичних результатах раніше виконаних досліджень та експертних оцінок.

Результати. Показано, що запропонована методика скорочення великих партій бурштину дозволяє створити репрезентативну (аналітичну) пробу, яка максимально відповідала б складу всієї партії бурштину та повторювала всі її властивості. У запропонованих методичних рекомендаціях наводиться класичний підхід до квартування проб, адаптований до правового поля, в рамках якого діє судовий експерт.

Достовірність і надійність методики забезпечена перевіркою на збіжність отриманої аналітичної проби з результатами вивчення вихідної партії бурштину. Об'єктивність методики забезпечує розрахунок коефіцієнта кореляції Пірсона.

Запропонований спосіб скорочення та отримання репрезентативних проб орієнтований на отримання об'єктивних результатів і що досить важливо, він забезпечує невразливість експерта у своїй професійній діяльності при проведенні гемологічної експертизи.

Наукова новизна. В основу алгоритму скорочення великих партій бурштину покладено ієрархічну модель, що включає зважування та звіряння даних з супровідними документами, визначення кількості фракцій у співвідношенні у вихідних пробах, угруповання проб за збіжністю фракцій, квартування як процес формування репрезентативної проби, визначення кількості фракцій. Запропонована методика у перспективі дозволить розширити та вдосконалити науково-методичну базу Експертних служб МВС України та інших організацій суміжного профілю.

Практична значимість. Використання представленої методики формування репрезентативної проби бурштину з великих партій масою понад 100 кг дозволить фахівцям підібрати для цього виду сировини необхідний комплекс методів і дій й, таким чином, забезпечити максимальну відповідність аналітичної проби складу всієї партії бурштину, у повній мірі повторивши її властивості якості.

Ключові слова: бурштин, квартування, фракція, алгоритм скорочення, репрезентативна проба.

Вступ. Останнім часом, у зв'язку з незаконним видобутком і реалізацією бурштину, професійне навантаження з його діагностичного гемологічного визначення у спеціальності 17.1 «Дослідження дорогоцінного, напівдорогоцінного та декоративного каміння» різко зросло. Особливу проблему для експертів викликають промислові та напівпромислові партії бурштину у сировині масою понад 100 кг. Провести повні дослідження, як це зобов'язує законодавство, в лабораторних умовах за короткий час практично неможливо. У зв'язку з цим, виникла необхідність у розробці методики створення репрезентативної (аналітичної) проби, яка максимально відповідала б складу всієї партії бурштину та повторювала всі її властивості.

Специфіка судової експертизи, яка заснована на принципах законності, об'єктивності, незалежності та повноти досліджень, вимагає певної доказової бази достовірності та об'єктивності цієї методики, яка дозволить повністю вирішувати певні ситуації при доказі в суді.

Основна частина. Процес скорочення великих партій бурштину у сировині полягає у формуванні репрезентативної (аналітичної) проби за допомогою різноманітних методів і складається з 6 етапів.

Етап перший. *Зважування та звіряння даних із супровідними документами.*

Процес звіряння даних із супровідними документами регламентований Наказом МВС України від 17.07.2017 № 591 «Про затвердження Інструкції з організації проведення та оформлення експертних проваджень у підрозділах Експертної служби Міністерства внутрішніх справ України».

На першому етапі зважування проводять з метою визначення чистої маси нетто бурштину, без сміття і маси упаковки. Процес зважування – це відповідальний момент, що проводиться з метою усунення можливих подальших претензій з боку учасників судового розгляду щодо невідповідності результатів вивчення первинних проб: *у нас були більші зразки бурштину, у нас не було піску, а зараз його дуже багато*, тощо.

У зв'язку з цим, зважування великих партій необхідно здійснювати при отриманні об'єктів дослідження в присутності слідчого або довіреної особи.

Отримані результати зважування чистого бурштину вносять до заздалегідь заготовленої таблиці.

Етап другий. *Визначення кількості фракцій у відсотковому співвідношенні у вихідних пробах.*

Отримати інформацію про кількість фракцій у вихідних пробах можна трьома способами. Їх надійність залежить від обладнання та способів, які будуть використані при дослідженні, а також від методик обробки отриманих даних тощо.

Спосіб візуального спостереження. Це простий, дешевий, швидкий спосіб, але з великою похибкою (до 10 %). Об'єктивність і точність результатів дослідження залежать від досвіду експерта.

На початку роботи вміст проби висипають на підготовлений пластмасовий лист, розміром 120x120 см і рівномірно розподіляють по всій площі листа, як по товщині шару, так і за розміром зразків бурштину.

Визначення фракцій у досліджуваній пробі починається зі зважування окремих зразків, що відрізняються від загальної маси бурштину за розміром, з метою створення візуально-вагових еталонних образів. Це дозволяє візуально визначати кількість фракцій та їх відсоткове співвідношення. Результати огляду заносять до заздалегідь підготовленої таблиці 1.

Таблиця 1

Результати попереднього вивчення бурштину способом візуального спостереження

№	Вага, кг	Фракція				
		<2 г, %	2-5 г,%	5-10 г,%	10-20 г, %	>20 г,%
1						
2						
...						

Спосіб фотофіксації. Цей спосіб підвищує об'єктивність і точність результатів візуального вивчення, але вимагає певного інструментарію. Підготовка матеріалу для дослідження здійснюється аналогічно способу візуального спостереження.

Фотографування здійснюється на цифрову камеру із захопленням всієї поверхні розподілу бурштину та масштабної лінійки. Далі здійснюється детальна фіксація об'єктів за більшим масштабом.

За допомогою спеціального трафарету на фотознімках можливо визначити розміри зразків бурштину, а потім і кількість розмірних фракцій у відсотковому співвідношенні (рис. 1).

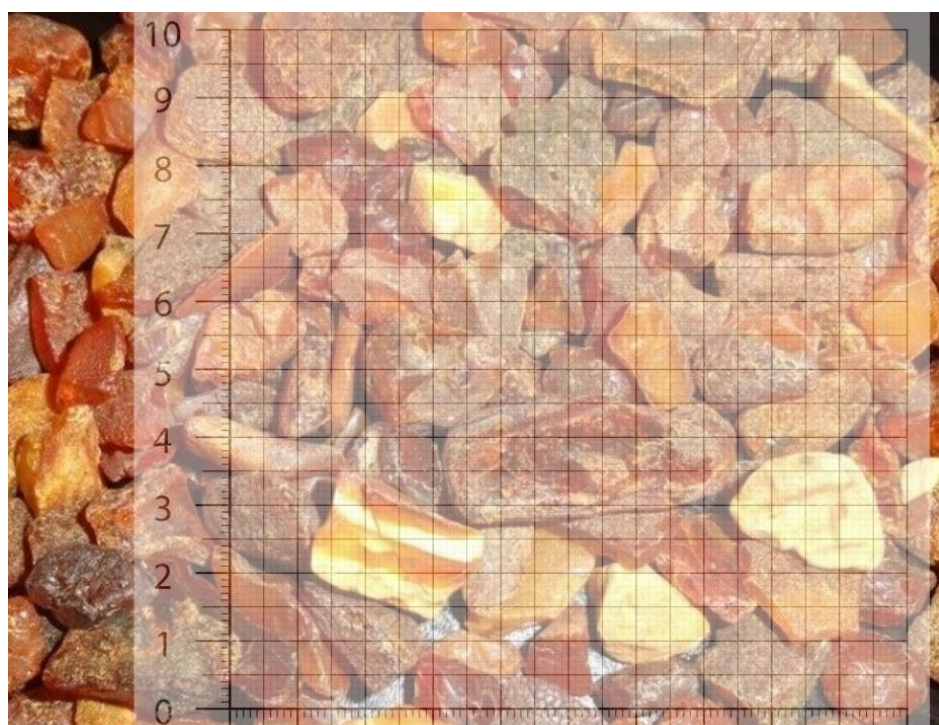


Рис. 1. Бурштин з вимірювальною сіткою

Результати вивчення заносять до таблиці 2. Слід зауважити, що запропонований спосіб можна використовувати і при визначенні форми зразків, їх кольору та наявності окисної кірки.

Таблиця 2

Результати попереднього вивчення бурштину

№	Вага проби, кг	Розмірні фракції, мм			
		+32, %	-32 +18, %	-18 +2, %	-2, мм
1					
2					
...					

Наочність цього способу можна проілюструвати на рис. 2, де представлені чотири проби бурштину. Навіть при поверхневому огляді можна зробити висновок, що вони утворюють три групи, які різняться як за розміром, так і за кольором та наявністю окисленої кірки.

На перших двох знімках проби належать до однієї групи і, ймовірно за певними даними, це бурштин з українських родовищ. На третьому знімку – бурштин з прибалтійських родовищ, а на четвертому – бурштин поки невизначеного походження.



Рис. 2. Бурштин з різних родовищ

Крім того, існують спеціальні комп'ютерні програми з визначення гранулометричного складу гірської маси, наприклад «K-MINE», за допомогою яких оперативно визначаються розмір, форма, а також відсотковий вміст розмірної фракції у пробі.

Ситовий спосіб. Найбільш надійний спосіб, але вимагає наявності спеціального набору сит. Пропускаючи пробу через три сита з розміром осередків 32, 18, 2 мм, експерт отримує чотири розмірні фракції зразка: +32, -32 +18, -18 +2, -2. Далі проби зважують, а результати заносять до таблиці 2.

Слід зауважити, що на ваговий діапазон фракцій впливає форма осередків. Наприклад, округлі осередки забезпечують більш вузький діапазон вагової фракції. Тому для отримання необхідної вагової шкали, складають гранулометричні

ситові блоки, які забезпечують бажаний результат – вагові фракції зі свідомо відомою вагою окремих зразків.

Етап третій. *Групування проб за збіжністю фракцій.*

Для наочності розглянемо партію бурштину, загальна маса якої 336,59 кг, та яка складається з 18 мішків. Процедура групування проб за збіжністю результатів можна здійснювати двома способами.

Перший спосіб. У таблиці 3 жирним шрифтом виділяють ті фракції (у відсотках), які значимі для даного мішка. Наприклад, у пробах 1, 5, 7, 10, 11, 13, 15 фракція 2-5 г становить 80-85%, у пробах 3, 4, 6, 8, 12, 14, 16, 17, 18 фракція 5-10 г становить 60-65%, у пробах 2, 9 фракція 10-20 становить 70-75%. Таким чином, для цієї партії виділено три групи мішків, які поділяються за ваговими сортами.

Таблиця 3

Результати попереднього вивчення фракцій бурштину

№	Маса, кг	Фракція				
		<2 г, %	2-5 г, %	5-10 г, %	10-20 г, %	>20 г, %
1	16,65	5	85	7	3	0
2	20,86	5	0	70	15	10
3	24,12	10	10	20	60	0
4	18,35	15	5	15	65	0
5	18,85	5	80	10	5	0
6	14,55	10	5	25	60	0
7	21,80	5	80	5	10	0
8	22,22	15	5	15	65	0
9	19,67	5	0	75	15	5
10	17,70	3	80	12	5	0
11	18,55	5	80	10	5	0
12	21,56	10	5	25	60	0
13	20,32	0	85	10	5	0
14	17,67	5	10	25	60	0
15	19,55	8	85	7	0	0
16	17,95	10	10	20	60	0
17	22,70	10	10	20	60	0
18	21,22	15	5	15	65	0

Другий спосіб аналізу проводять у програмі Excel, де за отриманими даними будується гістограма (рис. 3), на якій виділено три групи піків – червоні, зелені і фіолетові (це і є ті три групи, виділені в першому варіанті). Цей варіант, безумовно, спрощує роботу і демонструє наочність отриманих результатів спостережень.

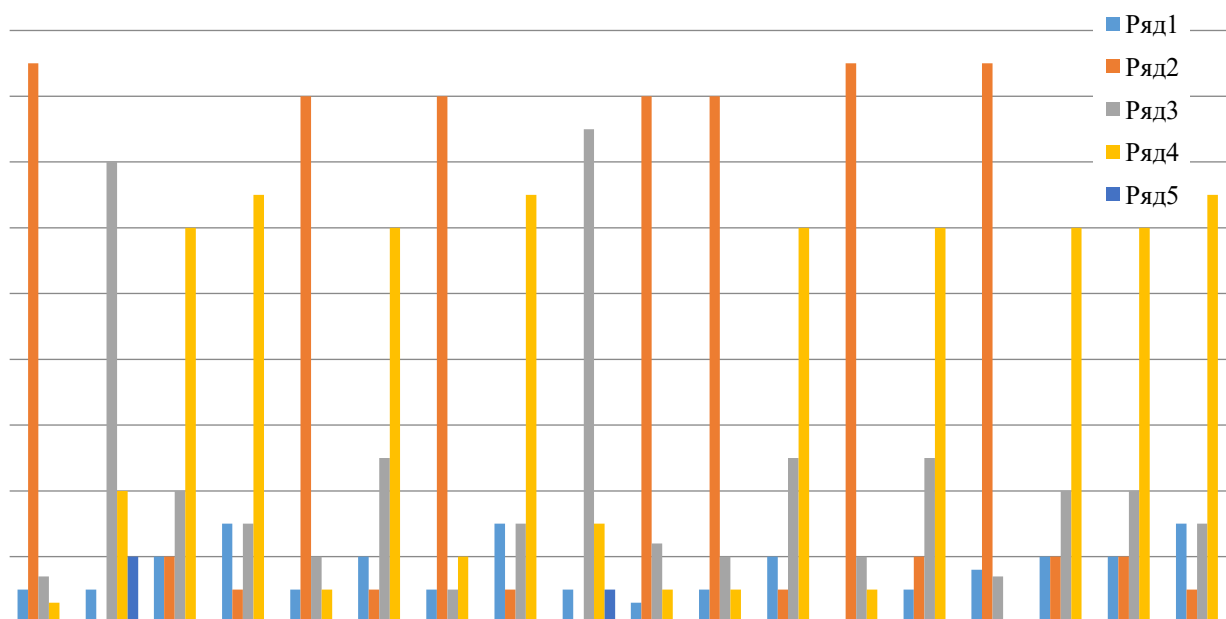


Рис. 3. Гістограма розподілу фракцій у пробах. Ряд 1 – <2 г, %, ряд 2 – 2-5 г, %, ряд 3 – 5-10 г, %, ряд 4 – 10-20 г, %, ряд 5 – >20 г, %

З трьох виділених груп для подальшого вивчення вибирають по одній пробі. Якщо група складається зі значної кількості мішків, можна брати по дві або навіть по три проби, якщо в цьому є необхідність. Таким чином, при групуванні проби, яка складається з 18 мішків, ми обмежуємося трьома випадковими пробами (мішки 5, 9 та 18) без будь-якого обґрунтування.

Етап четвертий. *Квартування, як процес формування репрезентативної проби.*

Процес квартування включає перемішування вихідної проби і саме її скорочення. Слід зауважити, що від якості перемішування бурштину залежать властивості отриманої репрезентативної проби та їх збіжність з властивостями вихідного матеріалу [1]. Відомо кілька способів перемішування вихідного матеріалу. Для прикладу наведемо кілька варіантів.

Спосіб кільця і конусу (рис. 4). Це найбільш поширений спосіб ручного перемішування проби. Для цього досліджувану пробу розміщують на металевому або пластмасовому листі. Проба розкладається у кільце діаметром приблизно удвічі більше, ніж конус, який утворюється при висипанні всієї проби. Далі, уздовж зовнішньої або внутрішньої сторони кільця, лопатою набирається проба і зсипається у центр з утворенням конусу. Кожного разу насипати пробу потрібно чітко на вершину конусу так, щоб вісь конусу не зміщувалася, а великі частини, які будуть скочуватись з вершини, рівномірно накопичувалися з усіх боків. Коли увесь матеріал кільця буде пересипаний на конус, останній потрібно злегка зменшити лопатою або широкою дошкою, а потім сформувати диск. Далі, сформований диск трансформують знову у кільце і повторюють процедуру до трьох разів в залежності від неоднорідності проби.

Різновидом способу кільця і конусу є спосіб послідовного формування ступінчастого конусу. Сутність способу полягає в тому, що після насипання частини

матеріалу, сформований конус ущільнюється та розгортається у диск. На утворений диск насипається новий конус, який так само ущільнюється та розгортається у диск меншого діаметру. Такий процес триває, поки весь матеріал з кільця не буде пересипано на конус.

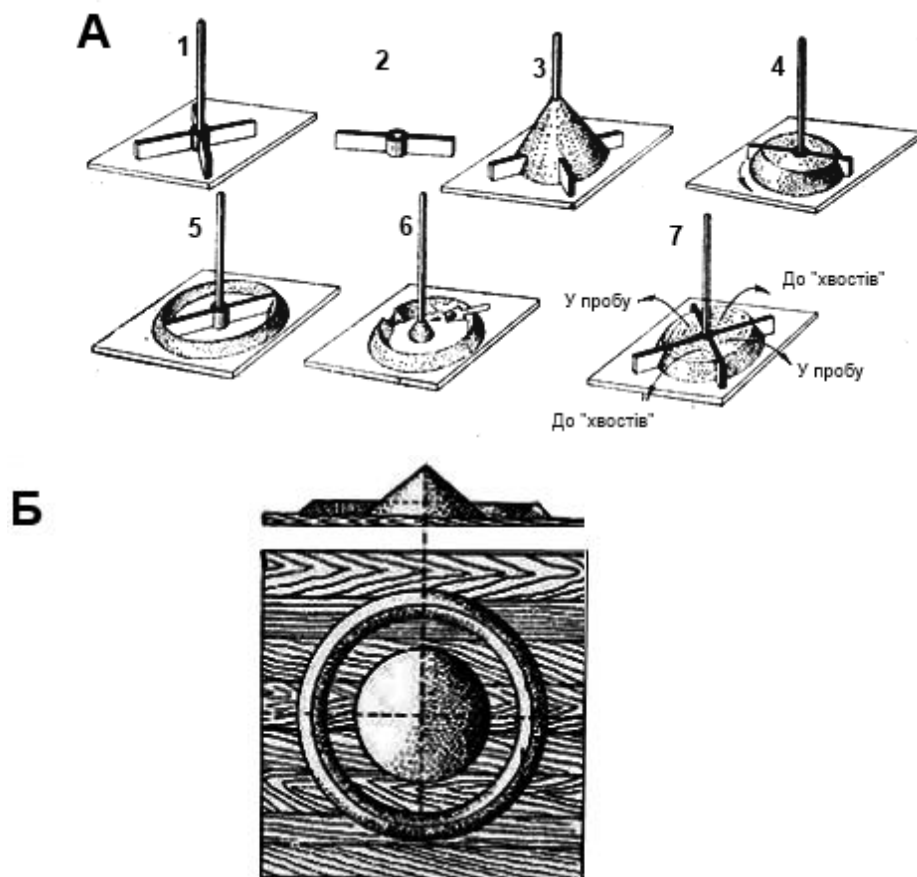


Рис. 4. Перемішування проби способом кільця й конусу [2]:
 А – послідовність перемішування (1-7); Б – вигляд конусу збоку та зверху

Спосіб перекочування полягає в тому, що весь досліджуваний матеріал висипається на квадратну підкладку з брезенту, щільного полімеру або паперу і шляхом підняття підкладки за кути, відбувається перекочування частинок матеріалу з одного місця на інше. Для досягнення задовільного результату потрібно виконати 20-30 перекатів. Середню частину проби, яка найменше перемішується наступним чином, потрібно періодично перемішувати лопатою. Спосіб перекочування рекомендується застосовувати для проб вагою до 20-25 кг [3] з розміром частинок до 10 мм.

Механічне перемішування проб проводиться на спеціальних пристроях-змішувачах, де обсяг матеріалу, який перемішують, визначається ємністю змішувача.

Після перемішування і отримання гомогенної проби, формують усічений конус (рис. 5). За допомогою металевої пластини ділять отриманий бурштиновий конус на чотири рівні частини.

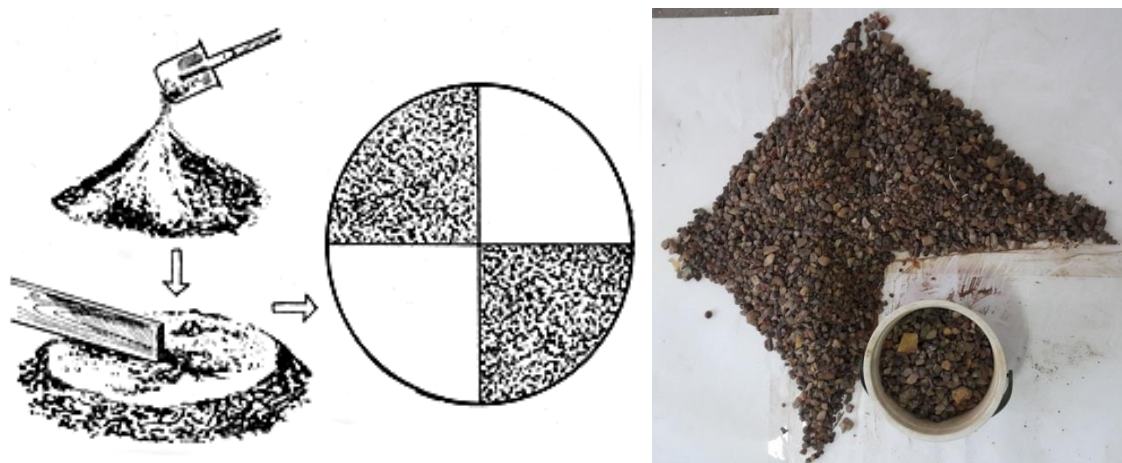


Рис. 5. Схема квартування перемішаних проб [1]

Далі, дві розташовані по діагоналі частини висипають знову у мішок, а дві інші об'єднують для подальшого перемішування.

Процес повторюється до отримання проби необхідної маси, що складає зазвичай 10 % від загальної кількості бурштину. За результатами опробування складають схему квартування із зазначенням маси проби і розміру фракції (рис. 6).

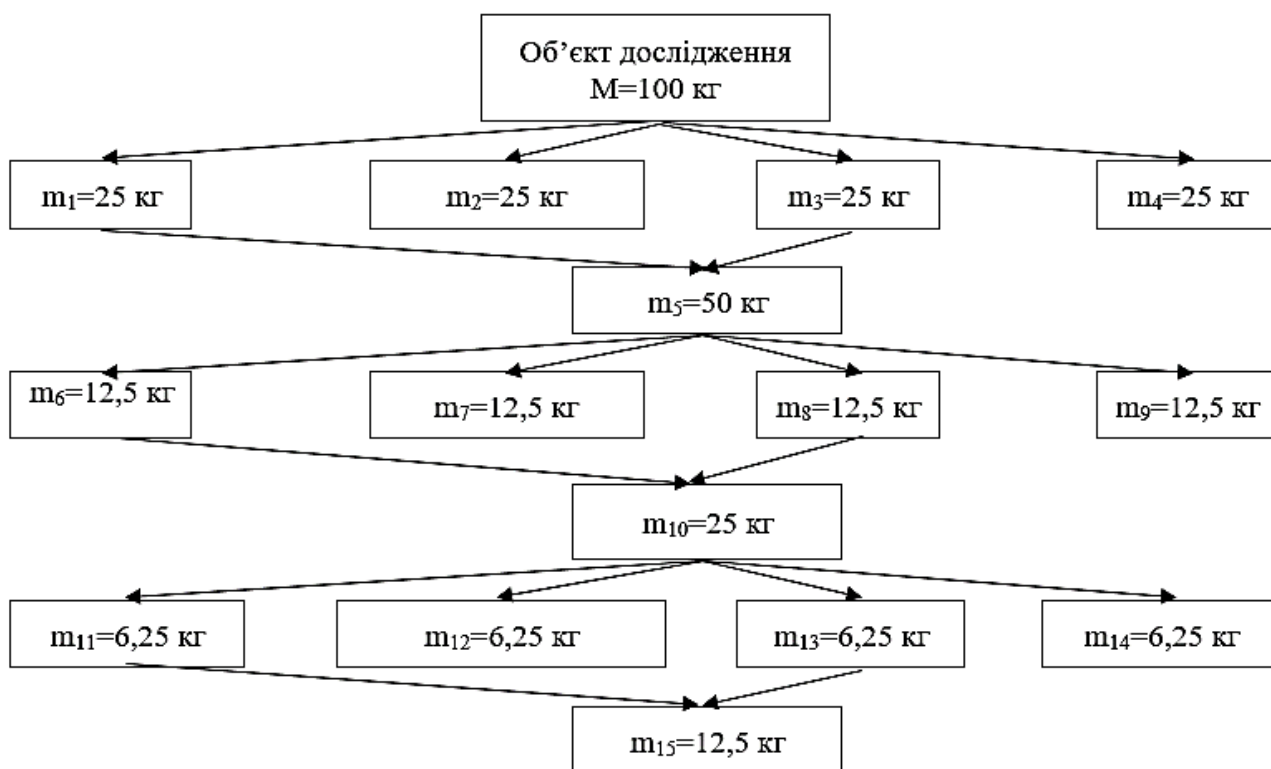


Рис. 6. Формування репрезентативної проби методом квартування

Етап п'ятий. *Визначення кількості фракцій у відсотковому співвідношенні після квартування.*

Після квартування отриману аналітичну пробу бурштину зважують і здійснюють визначення фракційного складу згідно з характеристиками, визначеними вище. Результати вивчення заносять до таблиці 4.

Етап шостий. *Оцінка достовірності отриманих результатів відбору репрезентативної проби.*

На даному етапі відбувається контроль за збігом параметрів складу отриманої (репрезентативної) проби і вихідного матеріалу.

Відібрана репрезентативна проба повинна мати властивості, що відповідають всьому загалу наданого об'єкта. Тому вивчення повинно проводитися з метою встановлення збігу результатів на стадії попереднього опису (див. табл. 3) і після квартування (табл. 4).

Таблиця 4

Результати вивчення фракцій бурштину, які отримані на першому етапі та після квартування

№ об.	Маса, кг	Фракція, %					К Пірсона
		<2 г	2-5 г	5-10 г	10-20 г	>20 г	
5	18,85	5	80	10	5	0	0,933
5	18,85	2	75	8	10	5	
9	19,67	5	0	75	15	5	0,900
9	19,67	2	5	65	18	10	
18	21,22	15	5	15	65	0	0,978
18	21,22	7	3	13	70	7	

Взаємозв'язок отриманих результатів визначається за допомогою коефіцієнта кореляції Пірсона, тобто ступеня зв'язку між двома результатами вивчення. Для вирішення даного завдання використовувалася програма *Microsoft Excel*.

Візьмемо результати попереднього огляду і результати вивчення після квартування і проведемо розрахунок.

Результати розрахунку показують, що значення коефіцієнта кореляції **К** становить від **0,978** до **0,933** і це вказує на сильну позитивну кореляцію.

Отже, отримані результати показали, що відібрана репрезентативна цілком відповідає властивостям усього об'єму наданого об'єкта дослідження.

Однак, кореляція може змінюватися в залежності від розміру фракції, форми зразків бурштину, кольору та інших характеристик.

Тут важливо знати, що коефіцієнт кореляції, який позначається як «**К**» знаходиться в проміжку від -1 до 1 і відображає міцність взаємозв'язку результатів вивчення:

0,5 < К < 1. Сильна позитивна кореляція. Можна продовжувати дослідження. Репрезентативна проба відповідає об'єкту дослідження

0 < К < 0,5. Слабка позитивна кореляція. Результати дослідження мають ймовірний характер. Необхідно зробити перерахунки для виявлення можливих помилок.

-0,5 < К < 0. Кореляція відсутня. Результати попереднього огляду не пов'язані з результатами дослідження проби.

$-1 < K < -0,5$. Слабка негативна кореляція. Дослідження щодо скорочення проби виконано з помилкою. Застосування методу не рекомендується.

$K = -1$. Сильна негативна кореляція. Використання методу забороняється. Дослідження вихідної проби проводити без відбору репрезентативної проби, напряду.

Висновки. Алгоритм отримання репрезентативної проби складається з 6 етапів, кожен з яких орієнтований на отримання конкретного результату.

В алгоритмі окрім самого процесу квартування особливе місце належить доказу достовірності результату.

Доведення достовірності є обов'язковим пунктом при проведенні будь-яких досліджень, а судова експертиза є саме таким процесом. Тут важливо довести об'єктивність і правильність результатів, тому експерт повинен бути впевненим у своїх висновках і завжди готовим їх довести.

Алгоритм, у якійсь мірі, є універсальним, бо він застосовується як для партії бурштину з однієї проби, так і для тих, що складаються із декількох проб.

В даних методичних рекомендаціях розглянуто варіант, коли партія бурштину складається з однієї проби. В цьому випадку з алгоритму випадає один етап – групування. Але, якщо експертиза представлена двома об'єктами, то алгоритм повністю зберігається, тому що необхідно визначати збіжність проб у кількісному та якісному співвідношенні фракцій. І якщо ці дві проби мають різний фракційний склад, то їх треба розглядати як дві групи. Такий алгоритм буде застосовуватися і для 3, 4 і більше проб. В іншому випадку, це одна група проб.

Найменування етапів отримання репрезентативної проби, їх послідовність та очікувані результати цих етапів опробування наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Алгоритм отримання репрезентативної проби

№	Найменування етапу	Результат етапу
1	Зважування та звіряння даних із супровідними документами	Перевірка правильності супровідних документів. Визначення маси нетто бурштину у кожному об'єкті (упакуванні)
2	Визначення кількості фракцій у відсотковому співвідношенні у вихідних пробах	Кількість фракцій у відсотковому співвідношенні в кожній пробі. Складаються таблиці попереднього вивчення проб бурштину
3	Групування проб за збіжністю фракцій	Визначаються об'єкти (упакування), які в подальшому підлягають квартуванню
4	Квартування, як процес формування репрезентативної проби	Проводиться відбір скороченої репрезентативної проби
5	Визначення кількості фракцій у відсотковому співвідношенні після квартування	Проводиться дослідження відібраної скороченої проби, визначається відсотковий вміст кожної масової фракції
6	Оцінка достовірності отриманих результатів відбору репрезентативної проби	Визначається коефіцієнт кореляції отриманих результатів

Запропонований спосіб скорочення та отримання репрезентативних проб орієнтований на отримання об'єктивних результатів і що досить важливо, він забезпечує невразливість експерта у своїй професійній діяльності та дозволяє повністю вирішувати певні ситуації при доказі в суді.

Перелік посилань

1. Петров, В. Г. (1982). *Крупнообъемное опробование при геохимических исследованиях на золото*. Институт геологии и геофизики СО АН СССР.
2. Білецький, В. С. (Гл.ред). (2013). *Мала гірнича енциклопедія. Т. 3*. Східний видавничий дім.
3. Книпович, Ю. Н. (Гл.ред), & Морачевский, Ю. В. (Отв.ред) (1959). *Анализ минерального сырья*. Государственное научно-техническое издательство химической литературы.

ABSTRACT

Purpose. To carry out a comprehensive analysis of the problems of forensic gemological examination arising from the study of industrial and semi-industrial batches of amber in raw materials weighing more than 100 kg for further study in the laboratory, to formulate appropriate recommendations.

Method. The work uses general scientific research methods - empirical and theoretical (analysis, generalization, comparison, explanation). Part of the work is based on the results of previous studies.

Results. It is shown that the proposed method for reducing large lots of amber makes it possible to create a representative (analytical) sample that maximally corresponds to the composition of the entire amber batch and repeats all its properties. The proposed guidelines use the classical approach to sample quartering, adapted to the legal environment in which the forensic scientist works. The authenticity and reliability of the methodology is confirmed by the convergence of the obtained analytical sample with the results of the study of the original batch of amber. The correlation coefficient of the Pearson calculation ensures the objectivity of the technique. The proposed method for reducing and obtaining representative samples is focused on obtaining objective results and, which is very important, ensures the invulnerability of an expert in his professional activities when conducting a gemological examination.

Scientific novelty. The algorithm for reducing large lots of amber is based on a hierarchical model, including weighing and reconciling data with accompanying documents, determining the number of fractions in the ratio in the original samples, grouping samples according to the convergence of fractions, quartering as a process of forming a representative sample, determining the number of fractions, assessing the reliability of the results obtained. The proposed methodology in the future will expand and improve the scientific and methodological base of the Expert Services of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine and other organizations of a related profile.

Practical significance. The use of the considered method of forming a representative sample of amber from large lots weighing more than 100 kg will allow specialists to select the necessary set of methods and actions for this type of raw material and, thereby, ensure the maximum compliance of the analytical sample with the composition of the entire amber batch, fully repeating its qualitative properties.

Keywords: *amber, quartering, fraction, reduction algorithm, representative sample.*