

О. О. Хлесткова, завідувач лабораторії НДЕКЦ при ГУ МВС України в Харківській області, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник

СТОРОННІ ДОМІШКИ В ҐРУНТАХ І ЇХ ЗНАЧЕННЯ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СУДОВО-ҐРУНТОЗНАВЧИХ ЕКСПЕРТИЗ

Розглянуто найбільш поширені в ґрунтах тверді домішки. Наведено їх скорочену характеристику, методи дослідження, принципи криміналістичного оцінювання домішок при проведенні судово-ґрунтознавчих експертиз.

Рассмотрены наиболее распространенные в почвах твердые примеси. Приведены их краткая характеристика, методы исследования, принципы криміналістической оценки примесей при проведении судебно-почвоведческих экспертиз.

Практика проведення судово-ґрунтознавчих експертиз свідчить про те, що крім основних ґрунтових компонентів – гумусових і гумусово-глинистих часток, зерен мінералів та гуміфікованих рослинних залишків – об'єктами дослідження майже завжди виступають включення неґрунтового походження (домішки).

Домішки неґрунтового генезу подано включеннями різноманітних за походженням часток, пов'язаних з діяльністю людини (вугілля, будівельне сміття, скло, фарба, шлаки тощо), і хімічних речовин (важких металів, пестицидів, нафтопродуктів та ін.). Велику частину твердих домішок складають технічні або штучні породи. На відміну від природних гірських порід технічні породи (бетон, шлаки, цементний клінкер, цегла тощо), крім природних мінералів, складені штучними мінералами та синтетичними неорганічними сполуками, продуктами технологічних процесів, одержаних з природної мінеральної сировини¹.

У випадках, коли досліджувані ґрунти вилучаються з об'єктів, які взаємно контактували поміж собою, у нашаруваннях спостерігаються включення мікрочасток, які походять з матеріалів контактуючих предметів: текстильні волокна, волосся – при контактуванні «одяг – одяг»; волокна, частки лакофарбового покриття, паливно-мастильних матеріалів – у контакті «одяг – транспортний засіб» тощо.

З урахуванням завдань, які вирішуються за допомогою судово-ґрунтознавчої експертизи, вивчення домішок неґрунтового походження має велике значення як в ідентифікаційних, так і в діагностичних

¹ Див.: *Перепелицын В. А. Основы технической минералогии и петрографии / В. А. Перепелицын. — М. : Наука, 1987. — 255 с.; Юбельт Р. Определитель горных пород / Р. Юбельт, П. Шнайдер. — М. : Мир, 1977. — 235 с.*

дослідженнях¹. У зв'язку з цим для одержання достовірних результатів і їх обґрунтованого оцінювання треба мати певні знання щодо складу й поширення домішок різної природи, володіти методами їх дослідження.

У випадках діагностики (встановлення характеристики місцевості) невідомої ділянки місця події засміченість ґрунтів має особливе значення для антропогенних і техногенних ландшафтів. Ґрунти таких ділянок характеризуються складом та ознаками, які не відповідають повністю їх первісним природним генетичним особливостям. Це зумовлено тим, що умови і експлуатація таких ландшафтів (переміщення шарів ґрунту внаслідок перекопування, потрапляння в біоценоз сторонніх інгредієнтів, зміна рослинних асоціацій та ін.) призводять до суттєвих змін природного стану ґрунтів.

Виходячи з наведеного, склад і властивості природних компонентів ґрунтів таких ландшафтів у більшості випадків не можуть бути індикаційними та характеризувати певні природні умови поширення ґрунтів.

Узагальнення багаторічної експертної практики та результати проведених експериментів показали, що для ґрунтів техногенних ландшафтів характерні, по-перше, високий ступінь засміченості; по-друге, наявність певних комплексів сторонніх включень, які утворюються на тих чи інших ділянках місцевості².

Так, присутність у нашаруваннях ґрунту значної кількості часток будівельних матеріалів (цегли, будівельних розчинів, скляних волокон) свідчить про те, що ці нашарування походять від ділянок, поширених на будівельних майданчиках, поблизу будівель, що ремонтуються, у місцях скидання будівельного сміття тощо.

Комплекс домішок, який складається з уламків гірських порід (щебеню), вкритих бітумом або кам'яновугільною смолою, металевих ошурок, іржи, є характерним для ґрунтів, поширених поблизу автошляхів. Крім цих включень, у таких ґрунтах часто містяться частки скла, фарбного покриття та різноманітних речовин, які могли перевозитися цими шляхами. Нашарування ґрунту, що вкривають автошляхи з асфальтовим покриттям, часто мають легкий механічний склад і містять великі кількості хлористого натрію, які використовуються для боротьби з ожеледицею.

¹ Див.: Судова експертиза об'єктів ґрунтово-мінерального походження: метод. посіб. / [О. О. Хлесткова, Е. Б. Сімакова-Єфремян, О. С. Дараган, Б. М. Жук]. — Х. : ХНДІСЕ, 2007. — С. 102–105.

² Див.: Семенова Н. В. Качественное и количественное определение инородных включений в почвах / Н. В. Семенова // Состояние и пути развития судебно-почвоведческой экспертизы : сб. науч. тр. ВНИИСЭ. — М., 1981. — Вып. 50. — С. 72–90; Хлесткова Е. А. Об экспертном исследовании посторонних включений в почвенных объектах / Е. А. Хлесткова // Актуальные вопросы судебной экспертизы и криминалистики. — К. : РИО МВД УССР, 1993. — С. 165–167; Хлесткова Е. А. Проблемы и практика решения задач по установлению района загрязнения предмета почвой (при отсутствии сравниваемых объектов) / Е. А. Хлесткова // Экспертная техника. — М. : ВНИИСЭ, 1990. — Вып. 16. — С. 36–51.

Для ґрунтів, розташованих уздовж залізниць, характерні присутність значної кількості вугілля та паливних шлаків, металевих ошурок, засмічення нафтопродуктами.

У порівняльних дослідженнях з погляду оцінювання ідентифікаційної значущості домішок треба враховувати частоту зустрічальності певних видів включень. Ступінь засміченості ґрунтів визначається за загальним вмістом усіх груп домішок і в ідентифікаційних дослідженнях виступає як родова ознака.

Експертна практика свідчить, що в цілому такі домішки як уламки кам'яного вугілля, частки глиняної (червоної) цегли, сколки скла (особливо безкольорового), частинки іржи є найбільш поширеними у багатьох антропогенних ґрунтах і зустрічаються навіть на ділянках, розташованих на значній відстані від населених пунктів, у тому числі в агроценозах, лісових угіддях тощо. Доволі часто в ґрунтах населених місць виявляються приміси таких будівельних матеріалів, як частинки крейди, грудки застиглих будівельних розчинів на основі вапняного в'язучого, деякі різновиди шлаків (наприклад, певних фаз палильних шлаків – частинки буро-сірого кольору, які характеризуються напливчастою формою, усереднені пористі й мають землисту текстуру), частинок асфальтового покриття (зерен мінералів і уламків гірських порід з нашаруваннями плівок бітуму або кам'яновугільної смоли). Зазвичай наявність у порівнювальних ґрунтах незначних кількостей зазначених включень оцінюють як родову ознаку.

Включення в ґрунтах скловолон і корольків скловати, частинок будівельних розчинів на основі гіпсового гідралічного в'язучого або портландцементу, різновидів шлаків зі скловатною текстурою спостерігається дещо рідше, і тому присутність у порівнювальних ґрунтах помітної кількості таких домішок може розцінюватися експертом як групова ознака. Виявлення частинок азбесту або багатошарових частинок фарби, що збігаються за кольором і складом, свідчить про більш вузьку групову належність.

Але слід відзначити, що така закономірність зберігається не завжди, у деяких випадках звичайні для великих територій домішки можуть слугувати груповими ознаками, і навпаки, відносно рідко поширені домішки можуть характеризувати обширні площі. Наприклад, коли ділянка, яка ідентифікується, знаходиться поблизу будівельного майданчика, не виключна ймовірність, що характерний комплекс включень, у тому числі ті, що спостерігаються відносно рідко (частки різноманітних будівельних розчинів, скловата й навіть азбест), буде присутній на великій території незалежно від типу ґрунтового покриву. З другого боку, у ґрунті з певної частини тієї самої ділянки біля будівельного майданчика можуть зустрітися уламки порід (щебенно), укриті плівками бітуму або кам'яновугільною смолою, які походять не від асфальтового покриття, а від кровельного матеріалу – руберойду.

У процесі дослідження домішок експерт має враховувати, що їх більшість походить з неоднорідних за складом речовин і тому об'єктами дослідження можуть стати приміси з різних фаз (компонентів) однієї речовини.

Зокрема, шлаки, особливо паливні, характеризуються дуже різноманітним фазовим і відповідно мінералогічним та хімічним складом: вони є полімінеральними утвореннями й містять як новоутворені природні та штучні мінерали, так і релікти переродженої мінеральної сировини. До складу багатьох шлаків входять деякі однакові хімічні сполуки й мінерали, а також певні специфічні технічні мінерали, які, до того ж, містяться і в будівельних розчинах портландцементу (так звані «аліт» $3CaO \cdot SiO_2$, «беліт» $2CaO \cdot SiO_2$, та ін.)¹. Неоднорідність і велика різноманітність складу шлаків є основною причиною відсутності розробленої методики визначення природи походження окремих їх зерен.

Будівельні матеріали на основі гідравлічних в'язучих (вапно, гіпс, портландцемент та ін.) містять у своєму складі мінеральний наповнювач у вигляді піску, щебеню з природних гірських порід, шлаків та ін. Таким чином, у коло зору експерта можуть потрапити окремі дрібні грудочки одного й того самого застиглого будівельного розчину, які залежно від розміру мінеральних зерен наповнювача можуть містити у своєму складі різні породи.

Кам'яне вугілля також складається з декількох морфологічних різновидів (вітрен, фюзен тощо).

Ураховуючи викладене, для детального порівняння частинок домішок треба відбирати тільки ті, які характеризуються однаковими зовнішньо-морфологічними ознаками та якісним хімічним складом.

Тверді домішки досліджуються у тих самих піщаних фракціях (крупніше 0,1 чи 0,25 мм), де визначається мінералогічний склад, за допомогою тих самих методів, а також з використанням мікрохімічних якісних реакцій, які проводяться під стереомікроскопом МБС на білому й темному тлі на предметному склі з лункою.

Наведемо опис найбільш поширених домішок, які трапляються в ґрунтових об'єктах².

Азбест (мінерал хризотил-азбест) – частинки у вигляді безбарвних прозорих міцних волокон з шовковистим блиском, кожне з яких легко розщеплюється за допомогою препарувальної голки на багато більше тонкі волокна. М'який (скло не дряпає). Питома вага – менш 2,9. У лугах не розчиняється. У полум'ї не горить і не плавиться. У концентрованій соляній кислоті волокна розкладаються з утворенням волокнистих скелетів кремнезему. У поляризованому світлі волокна анізотропні, характеризуються плеохроїзмом у зеленувато-жовтих тонах, двозаломлення низьке (інтерферен-

¹ Див.: *Лапин В. В.* Петрография металлургических и топливных шлаков / В. В. Лапин. — М. : АН СССР, 1956. — С. 10–18.

² Див.: *Перепелицин В. А.* Вказ. праця; *Судова експертиза об'єктів ґрунтово-мінерального походження; Семенова Н. В.* Вказ. праця; *Хлестакова Е. А.* Об экспертном исследовании посторонних включений в почвенных объектах; *Попов Л. Н.* Лабораторный практикум по предмету «Строительные материалы и детали» / Л. Н. Попов. — М. : Стройиздат, 1988. — С. 82–180.

ційне забарвлення I порядку). Азбест входить до складу таких матеріалів, як азбестоцементні вироби (наприклад, шифер), покрівельні матеріали (руберойд), деякі антикорозійні змазки та ін.

Бітум (речовина, схожа на бітум або на кам'яновугільну смолу) – окремі безформні частинки або нашарування плівок на зернах мінералів і уламків порід, складені з в'язкої за консистенцією речовини від темно-бурого до чорного кольору. Речовина розчиняється в хлороформі (дітилово-мому ефірі) з утворенням жовто-бурого розчину, який після підсихання переходить у маслянистий залишок, що люмінесцирує в УФ-промінях. Уламки гірських порід і зерна мінералів, вкриті плівками речовини, схожої на бітум (кам'яновугільну смолу), є звичайними домішками у міських ґрунтах, на ділянках, розташованих поблизу шляхів з асфальтовим покриттям.

Будівельні розчини – світло-забарвлені частинки у вигляді конгломератів, складених мінеральним наповнювачем (зерна мінералів, уламки порід, шлаки та ін.) і повітряним чи гідравлічним в'язучим. Склад *вапняного розчину*: вапно + зерна природних мінералів, уламків порід (у тому числі *силікатна цегла* – якщо мінеральний наповнювач переважно у вигляді кварцового піску); у *вапняно-гіпсовому розчині* в'язуче складається з суміші вапна й гіпсу, у *глинисто-вапняного* – з суміші вапна та глини. У застиглих будівельних розчинах на основі *портландцементу* в складі в'язучого є вапно, гіпс, клінкерні мінерали, може бути присутня склофаза; як наповнювачі використовуються природні мінеральні матеріали та штучні (шлаки, мінеральні добавки тощо). Коли в грудочці портландцементу присутні як наповнювач волокна азбесту, це частинка *азбестоцементного* виробу (використовується для виготовлення азбестоцементних труб, кровельних матеріалів типа шиферу).

Вапно негашене («пушонка», оксид кальцію CaO) – частинки, схожі на крейду, які дають позитивні реакції на наявність карбонатів («скипання» з соляною кислотою) і кальцію (білий осад з розчином оксалату амонію), але характеризуються лужною реакцією середовища (pH більше 8). При змочуванні водою спостерігається підвищення температури (частинка вміщується на кінчик термометру та змочується краплиною води). *Вапно гашене (гідроксид кальцію $Ca(OH)_2$)* на відміну від негашеного при змочуванні водою тепла не виділяє. Вапно завжди містить у собі карбонат кальцію, який утворюється з оксидів і гідроксидів на повітрі.

Вугілля кам'яне – гострокутні непрозорі щільні уламки чорного кольору з раковистим або занозистим зломом і матовим або металічним (антрацит) блиском; твердість за шкалою Мооса – близько 2; питома вага – менш 2,9; колір риси чорний; при нагріванні уламка в краплі розчину їдкого калію забарвлення не з'являється. В органічних розчинниках (хлороформ, діетиловий ефір та ін.) і концентрованих мінеральних кислотах не змінюється. Іноді виявляють слабку магнітність за рахунок залістистих включень. Частинки *бурого вугілля* характеризуються наявністю бурого відтінку, землястою текстурою, меншою твердістю, риска – бурого кольору; при нагріванні

в розчині їдкого калію з'являється коричневе забарвлення. *Вугілля деревинне* – крихкі непрозорі частинки чорного кольору, поверхня яких зберігає структуру деревини.

Гіпс (алебастр, сульфат кальцію $CaSO_4$) – білі порошковидні грудочки або волокнистий мінерал, у воді не розчиняється, реакція середовища нейтральна, з соляною кислотою не скипає, у солянокислому розчині з краплею розчину хлористого барію утворюється білий осад (присутність SO_4^{2-}). В оцтовокислому розчині частинки з краплею розчину оксалату амонію утворюють білий осад, розчинний в соляній кислоті (присутність Ca). Слід ураховувати, що в ґрунтах можуть бути присутні новоутворення гіпсу ґрунтового походження – у вигляді конкрецій.

Крейда (карбонат кальцію, вуглекислий кальцій $CaCO_3$) – білі порошковидні частинки або крихкі грудочки білого кольору. Не розчиняються у воді, реакція середовища нейтральна ($pH = 7$). Із 10 % розчином HCl скипають з виділенням вуглекислого газу, який викликає помутніння краплі баритової води; повністю розчиняються в кислоті. Розчин частинок у розбавленій оцтовій кислоті з краплею розчину оксалату амонію утворює білий осад, який розчиняється у соляній кислоті (присутність Ca). Частинки крейди плоскої форми у вигляді тонких шарів (близько 1–2 мм) з однією гладкою поверхнею можна віднести до частинок *побілки*. Треба пам'ятати, що у складі ґрунтів можуть бути присутні карбонати кальцію ґрунтового походження у вигляді новоутворень (конкреції, прожилки та ін.).

Лакофарбові покриття – різноманітні за кольором непрозорі частинки плоскої форми, нерідко складені з декількох шарів, з гладкою чи шершавою поверхнею, дзеркальним або матовим блиском, м'які (скло не дряпають). У хлороформі, чотириохлористому вуглеці, бензолі, толуолі набувають.

Окалина заліза (іржа) – шаруваті частинки іржаво-бурого кольору, немагнітні чи слабкомагнітні. Солянокислий розчин частинок має зелено-жовте забарвлення; з краплею розчину жовтої кров'яної солі в солянокислому розчині утворюється інтенсивне синє забарвлення або синій осад (наявність Fe^{+3}); з краплею розчину червоної кров'яної солі – слабе посиніння (наявність слідів Fe^{+2}).

Скло (неорганічне силікатне) – прозорі безкольорові чи різноманітно-кольорові кутасті уламки з раковистим зломом; у поляризованому світлі ізотропні. Не змінюються в органічних розчинниках і концентрованих мінеральних кислотах (крім плавикової); на пластинці з полімерного матеріалу в краплі концентрованої сірчаної кислоти у присутності кристаликів фтористого натрію з поверхні частинки помічається виділення газу (фтористого водню), який змучує краплю води в скляному капілярі (присутність кремнію).

Скловата – прозорі безкольорові чи різноманітно-кольорові частинки у вигляді нерівномірних за товщиною ламких волокон і «корольків» – частинок краплевидної або шароподібної форми. Хімічні та оптичні властивості скловати такі ж самі, що й у скла. Можуть характеризуватися різним

кольором (залежно від хімічних примісив), гладкою або шерохуватою поверхнею, іноді – наявністю будь-яких плівок. *Скловолокно* – скляні волокна, частково еластичні, з гладкою поверхнею, рівномірні за товщиною.

Цегла глиняна (червона, шамотна цегла) – частинки, утворені пропеченою глинистою масою червоно-коричневого кольору (імовірно різноманітні відтінки) з включенням поодиноких зерен кварцового піску та лусок гематиту (рідко польових шпатів, слюди, рогової обманки, магнетиту). Текстура земляста, дуже тонкопориста. Із HCl не реагують, у солянокислому розчині присутні елементи, характерні для глинистих мінералів, у тому числі Fe^{+2} , Fe^{+3} (якісні реакції див. «окалина заліза»), Al^{+3} (на фільтрувальний папір наноситься крапля розчину жовтої кров'яної солі; на підсушену краплю – крапля солянокислого розчину досліджуваної частинки. Папір з плямою вміщується над парами аміаку, оброблюється розчином алізаринового червоного і розчином оцтової кислоти. За наявності алюмінію утворюється червоне кільце – край плями забарвлюються у червоний колір, який не зникає при промиванні її водою). Такі самі ознаки мають і мікрочастинки *керамзиту*. Від мікрочасток цегли вони відрізняються більш великими порами, облямованими білою порошковидною речовиною.

З огляду на наведені хімічні властивості гідралічних в'язучих в будівельних розчинах пропонуємо таку схему їх визначення в окремих поодиноких зернах.

Якщо в полі зору стереомікроскопа спостерігаються окремі світло-пофарбовані конгломерати, складені порошкоподібною масою з включенням зерен мінералів чи уламків порід або шлаків, спочатку необхідно описати їх зовнішньоморфологічні ознаки: колір, міцність і щільність складання, крупність зерен мінерального наповнювача.

Далі до досліджуваної грудочки додається краплина дистильованої води й розмішується скляною паличкою (якщо розмір частинки дозволяє, її вміщують на кінчик термометра та спостерігають за змінами температури). У водній суспензії визначають розчинність в'язучого у воді й за допомогою універсального індикаторного паперу вимірюють реакцію середовища. При цьому залишки води всмоктуються індикаторним папером.

До залишку додають 2–3 краплини 10 % соляної кислоти; при «скипанні» (появі пухирців газу) у реактивне середовище вносять капіляр с баритовою водою (реакція на наявність карбонатів) і смужку паперу, просоченого розчином оцтовокислого свинцю (реакція на наявність сульфідів). Далі солянокислу суспензію за допомогою скляної палички розподіляють на декілька проб (на предметному склі з лункою). У цих пробах проводять якісні реакції на присутність кальцію (з оксалатом амонію), сульфатів (з хлоридом барію), за необхідності – на присутність магнію (з гідрофосфатом натрію), заліза (з червоною та жовтою кров'яною солями), алюмінію (з алізариновим червоним).

Схему визначення в'язучого частинок застиглих будівельних розчинів наведено в таблиці.

Таблиця

Схема визначення в'язучого в поодиноких частинках будівельних розчинів

Структура, консистенція	Реакція з H_2O	Реакція з HCl	CO_3^{-2}	SO_4^{-2}	S_2^{-1}	Ca^{+2}, Mg^{+2}	Fe^{+2}, Fe^{+3}	Al^{+3}	Типи в'язучих
Порошок або нестійкі грудочки	$pH \gg 7$	Розчиняється зі «скипанням»	+++	-	-	+++	-	-	Вапно негашене
Порошок або нестійкі грудочки	$pH \gg 7$	Розчиняється зі «скипанням»	+++	-	-	+++	-	-	Вапно гашене
Порошок або нестійкі грудочки	$pH = 7$	Розчиняється зі «скипанням»	+++	-	-	+++	-	-	Крейда
Порошок або нестійкі грудочки	$pH = 7$	Частково розчиняється без «скипання»	-	+++	-	+++	-	-	Гіпс, алебастр
Щільні дуже тривкі землісті грудочки	$pH \gg 7$	Частково розчиняється зі «скипанням». Розчин жовтий	++	++	+	+++	++	++	Портланд-цемент
Землісті грудочки, конгломерати	$pH > 7$	Частково розчиняється зі «скипанням». Розчин жовтий	++	-	-	++	++	++	Вапняно-глинистий розчин
Порошкоподібні грудочки, конгломерати	$pH > 7$	Частково розчиняється зі «скипанням»	++	++	-	++	-	-	Вапняно-гіпсовий розчин
Порошкоподібні тривкі землісті грудочки, конгломерати	$pH > 7$	Частково розчиняється зі «скипанням». Розчин жовтий	++	++	++	+	++	++	Вапняно-гіпсово-глинистий розчин

Шлаки – тверді відходи металургійної промисловості та продукти спалювання твердого палива. Стан і кількість шлаків, присутніх у вигляді домішок у ґрунтах, не дають змогу встановити їх повні фазовий і хімічний склади та відповідно визначити, відходами якої саме промисловості вони є. Однак їх порівняльне дослідження передбачає визначення таких показників:

- колір і однорідність забарвлення в одному зерні;
- форму (неправильна, округла, натічна, гострокутна та ін.);
- текстуру (скловата, землиста, бульковидна тощо) і структуру (щільна, пориста, пуста всередині та ін.); їх однорідність в одному зерні;
- твердість (визначається за шкалою Мооса);
- злам (раковистий, занозистий тощо);
- магнітність;
- якісний хімічний склад – розчинність у мінеральних кислотах, наявність карбонатів (реакція з HCl), сульфатів (реакція з $BaCl_2$), кремнію (реакція з $NaF + H_2SO_4$), заліза (реакції з червоною та жовтою кров'яною сіллю), алюмінію (реакція з алізарином), кальцію (реакція з оксалатом амонію).

Для багатьох видів шлаків характерна наявність сульфідів. Для їх виявлення частинку обробляють соляною кислотою – у наявності сульфідних сполучень S^{2-} виділяється сірководень, який має характерний запах і викликає почорніння фільтрувального паперу, змоченого розчином оцтовокислого свинцю.

Кількісний склад домішок оцінюють або за підрахунком зерен, або в умовних одиницях, як і в мінералогічних дослідженнях. Ступінь засміченості ґрунтів визначають за загальним вмістом домішок (%): не засмічені – менше 1 %; слабкозасмічені – 1–10 %; середньозасмічені – 10–15 %; сильнозасмічені – 10–20 %; дуже сильнозасмічені – більш 20 %.

Якщо в порівнюваних ґрунтах знайдено достатню кількість домішок, однакових за природою й наведеними ознаками, вони вилучаються для подальшого дослідження за допомогою хімічних або інструментальних методів. Ураховуючи неоднорідність складу більшості домішок, для подальшого порівняння, особливо за допомогою інструментальних методів, слід відбирати тільки ті домішки, які характеризуються однаковими зовнішньоморфологічними ознаками та якісним хімічним складом.