

О.М. Ушакова
ведущий эксперт ФБУ Краснодарская ЛСЭ
Минюста России

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

В статье предложены схемы сравнительного исследования природных дисперсных грунтов (глин, песков, песчано-гравийных смесей), разработанные при исследовании объектов геологического происхождения Краснодарского края.

Ключевые слова: объекты геологического происхождения, грунты, песок, гравий, петрографический анализ, минералогический анализ, иммерсионный метод.

O. Ushakova

Lead Forensic Examiner, Krasnodar Forensic Science Laboratory of the Russian Ministry of Justice

FORENSIC EXAMINATION OF GEOLOGICAL EVIDENCE

The paper proposes a framework for comparative analysis of natural particulate subsoils (clays, sands, gravel-sand mixtures) developed in the course of examination of geological evidence from Krasnodar region.

Keywords: geological evidence, subsoils, sand, gravel, petrographic analysis, mineralogical analysis, immersion method.

Общей тенденцией всех направлений экспертной практики последних лет является увеличение количества нестандартных экспертиз (нестандартных вопросов, нестандартных объектов). Для судебно-почвоведческой экспертизы такими нестандартными объектами являются объекты геологического происхождения.

Исследование их проводится в рамках судебно-почвоведческой экспертизы, так как объектами являются природные образования, либо вообще не измененные в результате вмешательства человека (природные грунты, пески, песчано-гравийные смеси, галечники), либо с минимальным изменением свойств материала (щебень, пески из отсевов дробления, пиленые или

дробленые изделия из природных горных пород). На разрешение экспертизы ставятся материаловедческие (состав, наличие определенных «вредных» компонентов) и идентификационные вопросы (о принадлежности к определенному месту добычи).

В практике Краснодарской ЛСЭ чаще всего встречаются две группы объектов геологического происхождения:

1. Изделия из природного камня (памятники, облицовочные плиты и плитки, щебень). Исследования назначают при несоответствии внешнего вида или качественных показателей изделий для выяснения причин установленного несоответствия.

2. Природные полезные ископаемые (глины, пески, песчано-гравийные смеси,

гравий, различные горные породы). Исследования таких объектов проводят по фактам незаконной (нелицензионной) добычи или по фактам использования вместо одних природных строительных материалов, заявленных в строительно-технической документации, других, более дешевых, либо добытых на других месторождениях.

При исследовании изделий из природного камня мы пользуемся соответствующими ГОСТами, в которых указаны вредные минералы, способные оказать влияние на внешний вид и качество горной породы [9–13].

Например, в прошлые годы к нам часто обращались с просьбой установить причину появления ржавых пятен на мраморных ритуальных памятниках. Мы установили, что мрамор, использованный для их изготовления, содержал пирит. Вследствие этого он мог использоваться только для внутренних работ, так как пирит при атмосферных воздействиях разрушается с образованием лимонита, что является причиной появления ржавых пятен. В последние годы предприятия, работающие с мрамором, этих ошибок уже не совершают.

Подобный случай был и с гранитными облицовочными плитами китайского производства. Неполированные плиты с отшелушенной огневой обработкой поверхностью из розового китайского гранита на воздухе в условиях г. Геленджика в течение 1–2 месяцев покрылись бурыми пятнами. При исследовании было установлено, что они содержали зерна неустойчивого к выветриванию гематита и поэтому не могли применяться для наружных облицовочных работ.

Экспертизы природных полезных ископаемых проводятся в подавляющем большинстве по делам о нелицензионной добыче полезных ископаемых, и на разрешение эксперта ставятся вопросы о едином источнике происхождения образцов таких материалов.

Как известно, идентифицируемый объект должен обладать тремя признаками: быть ограниченным в пространстве, постоянным во времени и обладать индивидуальным неповторимым комплексом признаков.

Каждое месторождение полезных ископаемых характеризуется комплексом признаков – петрографическим и минералогическим составом, типоморфными особенностями горных пород и минералов, составом новообразований и включений в рыхлых осадочных породах, видовым соста-

вом остатков флоры и фауны в карбонатных породах. То есть каждому месторождению присущ свой индивидуально неповторимый комплекс признаков, и этот факт в геологии не подвергается сомнению.

Комплекс признаков, индивидуализирующих конкретное месторождение, в течение какого-то времени (большого или меньшего в зависимости от вида полезного ископаемого) постоянен. Сложнее с аллювиальными отложениями горных рек, но это больше связано с несортированностью материала. Хорошие результаты при исследовании аллювиальных отложений нами были получены при исследовании одноразмерных фракций.

Поскольку добыча ведется в значительных объемах, то и образцы для сравнения представляются в достаточно большом объеме, что позволяет проводить практически любые исследования, даже по ГОСТовским методикам (например, определять весовое соотношение песка и гравия, модуль крупности песка и др.).

Объект этого вида экспертизы локализован на местности следами добычи (имеется котлован, яма, предварительно проводятся вскрышные работы, ведь добыча ведется в значительных объемах).

Следовательно, при исследовании объектов геологического происхождения по установлению источника происхождения идентифицируемый объект пригоден для идентификации.

Чаще всего незаконно добытые полезные ископаемые на территории Краснодарского края используются при строительстве или при производстве других строительных материалов. Поэтому для их исследования мы применяли и методики, принятые в судебно-почвоведческой экспертизе, и наиболее экспрессные и не требующие специального оборудования методики, взятые из конкретных ГОСТов на строительные материалы (песок, песчано-гравийные смеси, гравий и щебень [1–8, 14]).

По ГОСТовским методикам определяли насыпную плотность, проводили исследование гранулометрического состава, определяли содержание глины в комках, устанавливали наличие пылевидных и глинистых частиц, органических примесей (гумусовых веществ).

Методики исследования различных объектов геологического происхождения различаются, но все они требуют обяза-

тельного исследования минералогического состава.

Самый простой, достаточно экспрессный, не требующий дорогостоящего оборудования, но в тоже время точный и наглядный метод минералогического анализа – иммерсионный. В экспертной практике мы применяем его при исследовании песчаных фракций рыхлых горных пород или дробленых препаратов связных горных пород.

Метод мало пригоден для исследования глинистых минералов, для них применяется рентгеноструктурный анализ. Но в большинстве лабораторий нет соответствующего дорогостоящего оборудования, поэтому глинистая фракция остается неисследованной (в некоторых случаях можно применять реакции окрашивания).

Исследование состава горных пород методом шлифов, применяемым в классической геологии и петрографии (шлиф – тонкая прозрачная полированная пластинка горной породы), очень трудоемко из-за сложности изготовления шлифов. Для определения вида горной породы вполне достаточно определения основных породообразующих минералов в дробленном препарате.

В судебном почвоведении определение минералов чаще проводится по физическим и химическим признакам (цвету, блеску, спайности, твердости, хрупкости), но без применения иммерсионного метода результаты минералогического анализа спорны и менее информативны. По этим признакам нельзя различить зерна полевых шпатов (плагиоклазы и бесцветный ортоклаз, ортоклаз и микроклин), окатанные зерна полевых шпатов и кварц, а также почти все бесцветные минералы тяжелой фракции, особенно в очень мелких зернах (гранат, циркон, эпидот, дистен, силлиманит, бесцветные и очень светлоокрашенные амфиболы и пироксены и др.). Поэтому в Краснодарской ЛСЭ при проведении экспертиз объектов геологического происхождения иммерсионный метод является одним из основных.

При исследовании конкретных полезных ископаемых мы пришли к следующим схемам.

Исследование глин. Обычно такие экспертизы назначаются при несанкционированной добыче сырья кирпичными заводами. Для исследования нам представляли образцы сырья, складированного на пред-

приятии, кирпич-сырец (необожженный) или готовую продукцию – обожженный кирпич.

Схема исследования природных глин:

- исследование морфологии представленных образцов глин (слоистость, особенности распределения новообразований и включений),

- определение содержания песка (простым отмучиванием после диспергирования выдерживанием образца в водном растворе аммиака или другой щелочи, так как при сравнительных исследованиях важно не истинное содержание песка, сколько одинаковость по этому признаку),

- исследование состава новообразований,

- определение физико-химических показателей мелкой фракции по стандартным методикам, принятым в судебно-почвоведческой экспертизе (цвет, гигроскопическая влага, механический состав, степень карбонатности и содержание карбонатов); можно определить общее содержание гумуса спектрофотометрическим методом (по этому признаку хорошо различаются верхние и нижние слои в месторождениях глин),

- минералогический анализ песчаной фракции отдельно в легкой и тяжелой фракциях после деления в бромформе.

На территории Краснодарского края почвообразующими и подстилающими породами являются суглинки и глины близкого состава. Поэтому наиболее информативными признаками являются морфологические признаки нативных образцов глин (особенности слоистости, распределения новообразований и включений), комплекс новообразований (их химический состав, форма и размеры), и минералогический состав песчаной фракции, особенно тяжелой.

Необходимо отметить, что новообразования из-за неорганического происхождения остаются в керамическом кирпиче даже после обжига. Состав песчаных фракций глин (размер и форма, окатанность зерен, минералогический состав и типоморфные особенности зерен минералов) также не изменяются при обжиге. Поэтому данные признаки могут быть использованы при установлении происхождения сырья, из которого изготовлен обожженный кирпич.

Новообразования хорошо видны на свежих сколах, а зерна минералов можно извлечь осторожным растиранием небольших кусочков кирпича во влажном состоя-



Геологическая карта Краснодарского края (без Адыгеи)

нии в обычной фарфоровой ступке с периодическим отмучиванием мелких частиц спеченной глины. Из кусочков кирпича общим размером до 3 x 3 x 3 см можно извлечь достаточное количество зерен песка для минералогического анализа.

Остатки частиц спеченной глины на поверхности зерен мало мешают при исследовании иммерсионным методом.

Самыми сложными случаями при исследовании глин были те, когда места добычи находились в непосредственной близости друг от друга (порядка сотен метров, такие экспертизы были из Ейска). В этих случаях самыми важными признаками ока-

зались морфологические признаки комков сырья (слоистость по цвету, механическому составу, распределению новообразований), так как все остальные признаки совпадали.

Исследование песчано-гравийных смесей и галечников речного происхождения. На территории Краснодарского края галечники и песчано-гравийные смеси (ПГС) добываются чаще всего в среднем течении горных рек, пески добываются в нижнем течении этих же рек, или отсеваются из песчано-гравийных смесей.

Отчетливо выделяются две зоны – равнинная и горная. Равнинная северная

часть Краснодарского края покрыта мощными толщами лессовидных суглинков, реки в этой части края мелкие, заиленные, добыча полезных ископаемых в них не проводится.

Основная река края – Кубань – протекает по границе горной и равнинной частей. Кубань и ее притоки (Уруп, Лаба, Белая) берут начало в горах Северо-Западного Кавказа, имеющих сложное геологическое строение.

Склоны гор Западного Кавказа сложены в основном морскими осадочными толщами мощностью до десяти километров. Осадочные породы подстилает гранитный слой мощностью 15–20 км, под ним расположен базальтовый.

Поэтому наиболее распространенными породами Северного Кавказа являются осадочные. Однако есть гранитные массивы, выходы кварцевых порфиров, различных метаморфических пород, местами встречаются следы извержений древних вулканов (например, массив горы Индюк, который многие видели справа от железной дороги по пути в Краснодар из Сочи). Разнообразие осадочных пород также велико. Среди них – разноцветные мраморовидные известняки с большим количеством остатков разнообразных древних организмов, мергели, красноцветные и серые песчаники, конгломераты, аргиллиты, глинистые и аспидные сланцы.

Такое разнообразие геологического строения областей питания горных рек Северного Кавказа приводит к «индивидуализации» аллювиальных отложений не только целых рек, но даже участков реки между местами впадения крупных притоков. Ниже места впадения очередного притока в составе галечников появляются новые виды горных пород, в то же время вниз по течению постепенно исчезают породы, не стойкие к истиранию (известняки, мергели, сланцы).

При исследовании галечников и ПГС аллювиального происхождения необходимо учитывать слоистость и неравномерность отложения переносимого рекой материала, сезонность этого процесса. Наибольшую сложность при отборе сравнительных образцов представляет разный состав осадков в «поперечном сечении реки», т.е. в русле, в прибрежной и в пойменной зонах.

При исследованиях природных гравийно-песчаных смесей и галечников мы применяем следующую схему:

- гранулометрический анализ,
- петрографический анализ каменистой фракции,
- минералогический анализ песчаной фракции,
- исследование физико-химических показателей пылевидной фракции (менее 0,14 мм).

Все исследования проводятся в предварительно высушенных до постоянной массы образцах.

Гранулометрический состав определяем рассевом средних проб массой 3–5–10 кг и взвешиванием полученных фракций. При этом определяем соотношение «гравий : песок», содержание размерных фракций каменистой и песчаной фракций.

Каменистую фракцию крупнее 10 мм разбираем вручную, фракции 10 мм и менее рассеваем на стандартном наборе сит (почвенных или строительных).

Для проведения петрографического анализа частицы каменистой фракции промываем в воде для удаления наслоений глинистых частиц и во влажном состоянии разбираем на виды горных пород. Применяем осмотр частиц в поле зрения оптического микроскопа, определение твердости относительно кварца – позволяет определить кварцевые и бескварцевые горные породы, качественную реакцию с 10%-й соляной кислотой для карбонатных пород, при необходимости проводим минералогический анализ порошка (дробленого препарата). Таким образом разбираем все частицы каменистой фракции крупнее 10 мм, определяем количество частиц конкретной горной породы. Можно взвесить выделенные однопородные фракции, но, как показал опыт, из-за несортированности аллювиальных галечников результаты по количеству частиц, а не весу, варьируют меньше.

Отобранные частицы горных пород удобно раскладывать по видам на подносе, покрытом тонким картоном или бумагой (фото 1, 2). В таком виде результаты наглядны и легко сравнимы.

На фото 1, 2, например, представлены результаты петрографического анализа крупнозернистой фракции природных песчано-гравийных смесей двух рек (Белой и ее притока Пшехи). Истоки обеих рек расположены на одном и том же плато Лаго-Наки примерно в 3–4 километрах друг от друга. Однако затем реки огибают плато с разных сторон, и области их питания различаются. Поэтому хотя в составе гравия

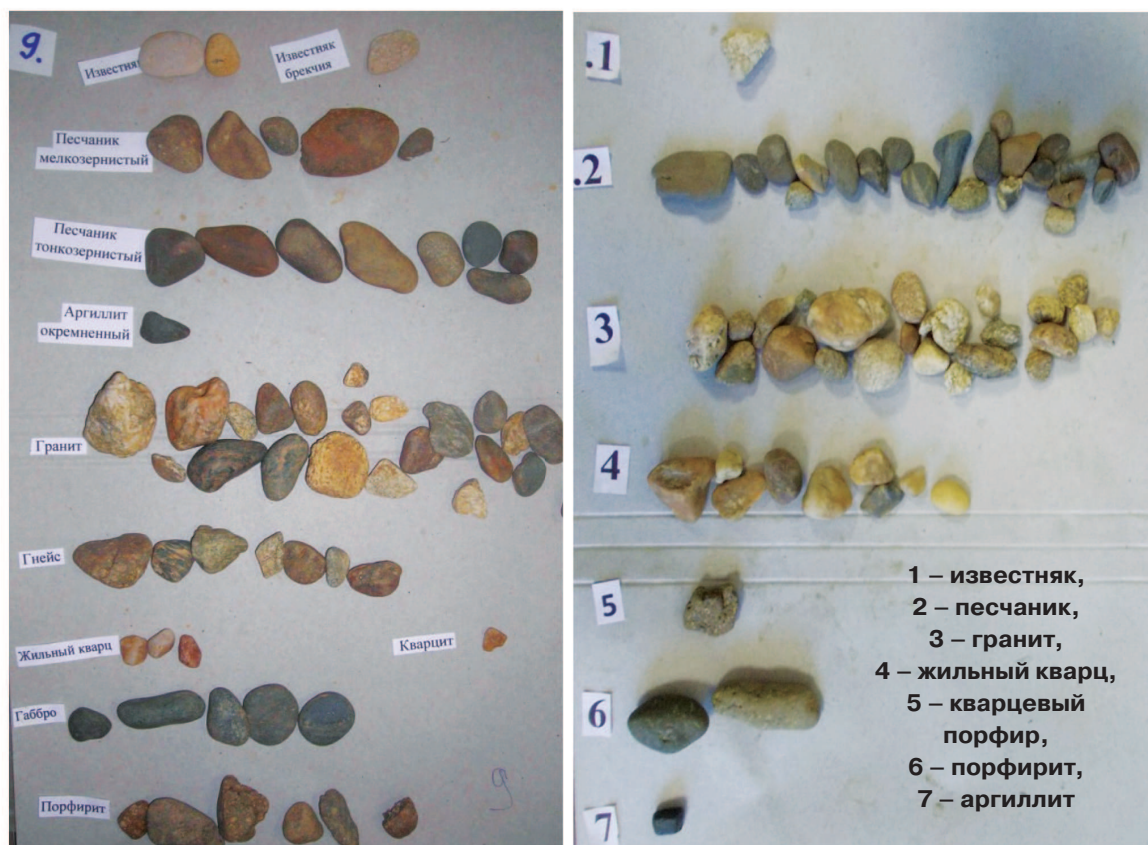


Фото 1, 2. Результаты исследования петрографического состава гравия из ПГС: слева – из устья реки Пшехи, справа – из реки Белой неподалеку от места впадения в нее реки Пшехи

обоих образцов присутствуют близкие горные породы (розовый мраморовидный известняк, характерный для плато Лаго-Наки, тонкозернистые серые песчаники, гранит, порфирит, темноокрашенный аргиллит), но образцы существенно различаются присутствием гнейса и габбро в одном случае и кварцевого порфира во втором.

Для песчаной фракции размером 0,315–0,140 мм, выделенной при ситовом анализе, проводим минералогический анализ. Предварительно фракции отмучиваем от глинистых частиц в воде, высушиваем, делим на легкую и тяжелую в бромформе.

Для легкой фракции проводим количественный анализ. Для этого пробу помещаем в иммерсионный препарат с «кварцевой» иммерсионной жидкостью, имеющей показатель преломления 1,541. Кварц имеет очень близкий показатель преломления, поэтому виден слабо, зато очень хорошо различимы все остальные минералы легкой фракции (полевые шпаты, карбонаты, агрегаты глинистых минералов, глауконит, слюды). В препарате легко обнаруживаются и некоторые включения, например ча-

стицы битума и зерна с битумными пленками – этот загрязнитель сразу начинает растворяться в иммерсионной жидкости, и образует вокруг зерна коричневый ореол. При просмотре одновременно учитываются размеры зерен, их окатанность, степень изменения и другие типоморфные особенности.

Подсчет количества зерен минеральных видов проводится последовательно в 10–15 смежных полях зрения препарата, содержание каждого рассчитывается в процентах от общего числа исследованных зерен.

Для тяжелой фракции проводим качественный анализ, определяя наименования минералов, и отмечая частоту встречаемости условными знаками, коррелирующими с содержанием минерала. Например: «единично», «+» – встречается (примерно 1–5%), «++» – встречается часто (5–10%), «основа» – минер составляет основу фракции, т.е. не менее 50%. Используем более высокопреломляющую иммерсионную жидкость, чем для легкой фракции (бромформ с показателем преломления 1,598, так как в этой

жидкости сразу видны случайно попавшие минералы легкой фракции). В классической минералогии для исследования тяжелой фракции обычно используется жидкость с показателем преломления 1,700 (α-йоднафталин), позволяющая различить амфиболы и пироксены, но она более редкая.

Для пылевидной фракции (менее 0,14 мм) проводим определение физико-химических показателей по методикам, принятым в судебном почвоведении (таких, как цвет, содержание карбонатов, механический состав).

Исследование природных песков (речных, морских, карьерных). Природные пески на территории Краснодарского края состоят в основном из кварца. Исключение составляют морские пески прибрежной зоны Черного моря района Туапсе – Сочи, которые образуются на небольшой глубине и представлены продуктами разрушения бескварцевых пород, характерных для этого участка берега.

Схема исследования природных песков:

- исследование физико-химических показателей (цвет, механический состав, карбонатность),
- исследование состава новообразований и включений (в качестве новообразований в разных песках мы обнаруживали мелкие друзы и корочки аутигенного гипса, различные карбонатные новообразования, железистые и железомарганцевые стяжения и конкреции разной формы и размера, прослойки и стяжения разных глинистых минералов),
- гранулометрический анализ и определение модуля крупности,
- минералогический анализ фракций 0,315–0,140 мм или менее 0,250 мм после деления в бромформе,
- при наличии крупнозернистой фракции проводится петрографический анализ.

При исследовании кварцевых песков или песков с низким содержанием акцессорных минералов можно дополнительно проводить исследование обломочного кварца (определение соотношения зерен разных типов по Леммлейну и Князеву [17, 18]), что характеризует генезис этого минерала.

Мы проводим эти исследования упрощенным методом: на предметное стекло помещаем небольшое количество легкой

фракции, с помощью немагнитного лезвия делаем «дорожку» шириной 1–2 зерна, в поле зрения бинокулярного микроскопа с помощью немагнитной иглы отсчитываем 200 зерен, сдвигаем их лезвием вместе, накрываем осколком покровного стекла и вводим «кварцевую» иммерсионную жидкость. Осматриваем сначала в поле зрения оптического микроскопа, подсчитываем количество непрозрачных, полупрозрачных, опалесцирующих и регенерированных зерен (у последних внутри наблюдается контур первичного зерна). Затем осматриваем препарат в поле зрения поляризационного микроскопа, подсчитываем количество трещиноватых и прозрачных зерен без включений, зерен с игольчатыми и изометрическими включениями. При этом также определяем возможное наличие зерен других минералов, которые вычитаем из общего количества.

Приведенные схемы позволяют достаточно полно и всесторонне исследовать большинство компонентов таких объектов геологического происхождения, как природные дисперсные грунты (глины, пески, галечники, песчано-гравийные смеси), и уверенно диагностировать источник их происхождения.

Литература

1. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация.
2. ГОСТ 5180-84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик.
3. ГОСТ 12536-79. Грунты. Методы лабораторного определения зернового (гранулометрического) состава.
4. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.
5. ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.
6. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
7. ГОСТ 8269.0-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.
8. ГОСТ 8269.1-97. Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа.

9. ГОСТ 24099-80. Плиты декоративные на основе природного камня. Технические условия.

10. ГОСТ 9480-89. Плиты облицовочные пиленные из природного камня. Технические условия.

11. 9479-98. Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические условия.

12. ГОСТ 22856-89. Щебень и песок декоративные из природного камня. Технические условия.

13. ГОСТ 30629-99 Материалы и изделия облицовочные из горных пород. Методы испытаний.

14. ГОСТ 23735-79. Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия.

15. Вертушков Г.Н., Авдонин В.Н. Таблицы для определения минералов по физическим и химическим свойствам. – М., 1980.

16. Копченова Е.В. Минералогический анализ шлихов. – М., 1951.

17. Леммлейн Г.Г., Князев В.С. Опыт изучения обломочного кварца // Известия АН СССР. – Серия геологическая. – 1951. – № 4. – С. 99–101.

18. Логвиненко Н.В. Петрография осадочных пород. – М., 1978.

19. Трегер В.Е. Оптическое определение породообразующих минералов. – М., 1980.