



## Проблема асбеста с позиции прикладной минералогии

В. Е. Жукова, Ю. М. Астахова, Н. А. Сычева, Ю. Н. Шувалова, О. А. Якушина

ФГБУ «ВИМС», Москва, [tm@vims-geo.ru](mailto:tm@vims-geo.ru)

Проблема геоэкологии асбеста остается актуальной, его считают потенциально опасным, так как при разрушении асбестосодержащих материалов высвобождаются тонкие удлиненные волокна, которые повреждают органы и ткани млекопитающих животных и человека. С другой стороны, уникальные огнестойкие термические свойства асбеста делают необходимым его применение в производстве целого ряда продукции.

Методами оптической микроскопии и рентгенографического анализа проведено минералогическое изучение асбестовой руды Киембаевского месторождения, депонирующих сред (пыли) и продуктов производства, применяемых в судостроительстве.

Установлено, что методы оптической микроскопии и рентгенографического анализа, а при необходимости их комплексирование позволяют получить достоверную информацию о присутствии хризотил-асбеста и его содержании в различных объектах, необходимую для решения задач не только геологической отрасли, но и других областей народного хозяйства. Дана количественная оценка содержания хризотил-асбеста, амфибол-асбестов и асбестоподобных респираторных волокон (природных и искусственных) в горных породах, техногенных образованиях (преимущественно депонирующих средах), продуктах производства антропогенного происхождения.

**Ключевые слова:** геоэкология, минералогические особенности, количественная оценка асбеста, амфибол-асбест, хризотил-асбест, асбестосодержащие материалы.

## The problem of asbestos from the standpoint of applied mineralogy

V. E. Zhukova, Yu. M. Astakhova, N. A. Sycheva, Yu. N. Shuvalova, O. A. Yakushina

All-Russian Institute of Mineral Raw Materials (VIMS), Moscow

The problem of asbestos geoecology remains relevant. Asbestos is considered potentially dangerous, because when asbestos-containing materials are destroyed, thin elongated fibers are released and damage organs and tissues of mammals and humans. On the other hand, unique fire-resistant thermal properties of asbestos support using it in a wide range of products.

Mineralogical study of asbestos ore from the Kiembayevsky deposit, depositing media (dust) and production products used in shipbuilding was carried out by optical microscopy and X-ray analysis.

We determined that the methods of optical microscopy and X-ray analysis, and, if necessary, their integration, allowed obtaining reliable information about the presence of chrysotile asbestos and its content in various objects, which was necessary for solving problems not only in the geological industry, but also in other areas of the national economy. A quantitative assessment of the content of chrysotile-asbestos, amphibole-asbestos and asbestos-like respirable fibers (natural and artificial) in rocks, technogenic formations (mainly deposit media), and anthropogenic production products is presented.

**Keywords:** geoecology, mineralogical features, quantitative assessment of asbestos, amphibole-asbestos, chrysotile-asbestos, asbestos-containing materials.

### Введение

Сегодня уделяется большое внимание экологическим аспектам переработки минерального сырья и утилизации отходов [2, 9–11]. Вот уже много столетий человечество применяет асбест в различных областях. Из него изготавливали светильники для храмов, «нежные горные ткани», тончайшие кружева. В настоящее время насчитывается более трех тысяч наименований изделий из асбеста. В том числе особые сорта бумаги, фитили. В переводе с греческого слово «асбест» означает «неисчезающий» или «негорючий». Второе название асбеста — горный лен.

На опасные свойства асбеста обратили внимание только в 1970-х годах, когда в Америке поднялась кампания против использования асбеста. Термин «асбест» представляет собой не название минерального вида, а промышленное название для волокнистых минералов, используемых в различных изделиях. Все асбесты

являются разновидностями либо серпентина (хризотил-асбест), либо минералов группы амфиболов (антофиллит, тремолит, актинолит, рибекит, крокидолит), которые характеризуются разной кристаллохимической структурой, что определяет разный характер разрушения и степень потенциальной опасности асбеста и продукции из него [7].

Асбест отличается тонковолокнистой структурой агрегатов, обладающих способностью разделяться на тонкие волокна. Они характеризуются определенными различиями, в том числе по-разному воздействуют на организм человека.

**Хризотил-асбест** (белый асбест) — разновидность минерала серпентина, гидросиликата магния слоистой структуры. У хризотила имеются политипы, которые не рассматриваются как самостоятельные минеральные виды: наиболее часто встречается клинохризотил, реже — ортохризотил и парахризотил. Индивидуальные

**Для цитирования:** Жукова В. Е., Астахова Ю. М., Сычева Н. А., Шувалова Ю. Н., Якушина О. А. Проблема асбеста с позиции прикладной минералогии // Вестник геонаук. 2022. 10(334). С. 42–48. DOI: 10.19110/geov.2022.10.5

**For citation:** Zhukova V. E., Astakhova Yu. M., Sycheva N. A., Shuvalova Yu. N., Yakushina O. A. The problem of asbestos from the standpoint of applied mineralogy. 2022, 10(334), pp. 42–48, doi: 10.19110/geov.2022.10.5



волокна под электронным микроскопом выглядят как тончайшие трубочки, рулончики с наружными и внутренними диаметрами в сотые — тысячные доли микрометра.

**Амфиболовые асбесты** — сложные гидросиликаты, схожие по физико-механическим свойствам с хризотил-асбестом, но имеющие существенные различия в кристаллической структуре. Волокна амфибол-асбеста более грубые, не пустотелые. В отличие от хризотил-асбестов, амфибол-асбесты труднорастворимы или нерастворимы в кислотах.

Наибольшую опасность для здоровья представляют амфиболы. Обладая кислотостойкостью, амфиболовый асбест практически не выводится из организма. В настоящее время его добыча и использование запрещены во всем мире.

Хризотил-асбест представляет наименьшую опасность, так как он легко разлагается под действием кислот (даже слабых кислот тканевых жидкостей) и поэтому быстрее выводится из организма. Согласно последним исследованиям, хризотил является самым безопасным волокном из всех разновидностей асбестов, даже по сравнению с искусственными заменителями и натуральными волокнами (целлюлоза), так как быстрее других волокон выводится из легких. Период полураспада волокон хризотила (количество суток, необходимых для удаления 50 % волокон, остающихся в легких после окончания периода воздействия) составляет порядка 12 дней, волокон амфибола — 536 дней, стекловолокна — до 79 дней, целлюлозы — 1046 дней. Тремолит-асбест не выводится из легких никогда [6]. Именно поэтому при ссылках на вредность асбеста необходимо различать амфибол-асбест и хризотил-асбест.

Вопрос о запрете использования хризотил-асбеста остается дискуссионным, но публикуется все больше данных о том, что хризотил-асбест является малоагрессивным и при контролируемом применении менее опасен для человека, чем его синтетические заменители. В 2004 году была принята Роттердамская конвенция, ее подписали 72 государства, 161 страна ратифицировала. В рамках этого соглашения участники регулируют оборот химических веществ, заботясь о сохранении экологии и здоровья людей. Вопрос о запрете хризотила поднимался много раз, но всякий раз решение откладывалось.

Согласно решению Роттердамской конвенции 2021 г. хризотил-асбест не входит в список запрещенных и строго ограниченных химических веществ (Список PIC). Он является единственным видом асбеста, допущенным к использованию в Российской Федерации [1].

Официальная позиция правительства Российской Федерации: контролируемое применение хризотилового асбеста безопасно для здоровья людей и окружающей среды. Использование асбеста жестко регламентировано. Установлены ПДК для воздуха населенных мест, воздуха рабочей зоны [5]. Утилизация асбеста и асбестосодержащих материалов проводится специальным образом — как материалов III, IV и V классов опасности [12].

Не менее важными работами в области диагностики и определения количества прежде всего хризотил-асбеста являются работы, связанные с утилизацией судов. В 2010 году был принят Международный стан-

дарт ISO 30007:2010 «Суда и морские технологии. Меры по предотвращению эмиссии асбеста при утилизации судна» [14], устанавливающий эффективные методы минимизации опасностей, связанных с присутствием асбеста, в процессе утилизации судна, которые сокращают как выделение асбеста в окружающую среду, так и воздействие на работников. Этот стандарт помогает предприятиям по утилизации судов выполнять требования Гонконгской международной конвенции по безопасной и экологически рациональной утилизации судов 2009 года. В соответствии с данной конвенцией суда могут быть демонтированы только на предприятиях по утилизации судов, которые имеют разрешение и полностью уполномочены осуществлять все виды деятельности по утилизации судов, указанные в плане утилизации судна. Направляемое на утилизацию судно должно иметь список асбестосодержащих материалов, применяемых на борту.

Цель работы — выявление, диагностика и количественная оценка содержания хризотил-асбеста, амфибол-асбестов и асбестоподобных респираторных волокон (природных и искусственных) методами оптической микроскопии и рентгенографии в горных породах, техногенных образованиях (преимущественно депонирующих средах), продуктах производства антропогенного происхождения.

### Объекты и методы исследования

До последнего времени изучение хризотил-асбеста и амфибол-асбеста проводилось преимущественно в природных горных породах на разных стадиях геолого-разведочных работ. Практический интерес представляли объекты хризотил-асбеста, так как именно этот минерал имеет основное промышленное значение и его производство достигает 98 % от общемирового производства асбестов. Основным промышленным типом месторождений на территории России являются месторождения нормального хризотил-асбеста баженковского типа, локализованные в массивах ультраосновных пород, в которых отмечается относительно равномерное распределение волокон асбеста [8]. К этому типу относится одно из крупнейших отечественных месторождений — Киембаевское, хорошо изученное, в основном уральскими специалистами, и давно разрабатываемое карьерным способом. Минералогическое изучение хризотил-асбеста с целью его диагностики и количественной оценки в депонирующих средах, преимущественно техногенного происхождения, проводится уже несколько десятилетий [3, 11, 15]. В настоящее время выявлением и определением содержания асбеста (хризотил-асбеста) в воздухе помещений занимается АО «ВНИИпроектасбест» (Екатеринбург), имея в своем арсенале необходимое оборудование, в том числе и для забора воздуха, и методики анализа. Идентификацией и количественной оценкой хризотил-асбеста и амфибол-асбестов в твердофазных системах, в том числе и продуктах производства, занимается ФГБУ «ВИМС». Изначально работы в этом направлении были связаны с определением влияния асбеста и асбестосодержащей продукции на здоровье населения и окружающую среду. Работы такого плана проводились и ранее, но, к сожалению, научного обоснования методики анализа не существо-

вало. Поэтому результаты анализов в основном не сопоставимы и не позволяют получить достоверную информацию. Объектами исследований послужили асбестовая руда Кiemбаевского месторождения (Южный Урал) (более 20 образцов), специальные материалы, применяемые в судостроительстве (палубные покрытия, тормозные ленты и др.), а также техногенные образования — мусор и пыль уличных площадок крупных мегаполисов Ирана (Тегеран, Шираз).

С помощью рентгенографического количественного фазового анализа исследуются, как правило, горные породы, содержащие хризотил-асбест в значительном количестве. Такие пробы требуют специальной подготовки из-за текстурирования материала.

Особо следует отметить, что при изучении крупноволокнистого асбеста рентгенографическим методом требуется специальная подготовка материала. Из-за невозможности поместить волокна в стандартную кювету их нарезают ножницами на короткие фрагменты и размещают тонким слоем на специальный кремниевый плоский держатель. Образец фиксируется в нем с помощью спирта или вазелина. Оптимальным в данном случае является комплексирование рентгенографического количественного фазового и оптико-минералогического анализов.

Оптико-минералогические методы исследования позволяют успешно проводить качественную и количественную диагностику хризотил-асбеста и амфибол-асбеста (рис. 1, а, б), а также искусственных и натуральных волокон. Минералогическим отделом ФГБУ «ВИМС» разработана методика диагностики и количественного определения искусственных и природных волокон в твердофазных материалах, основанная на различиях в оптических свойствах хризотил-асбеста, амфибол-асбеста и различных искусственных и природных волокон. Материалы специальным образом измельчают, из них приготавливают оптический препарат с использованием различных иммерсионных жидкостей, позволяющих определить показатели преломления и оптические свойства исследуемого материала.

Минералогические работы выполнены в ФГБУ «ВИМС» в соответствии с ОСТ-41-08-266-04 «Стандарт отрасли. Управление качеством минералогических работ. Методики количественного фазового анализа гор-

ных пород, руд, техногенных образований», а также с методическими рекомендациями научного совета по методам минералогических исследований, включенными в отраслевой реестр методик анализа, допущенных к применению при минералогическом обеспечении ГРП на твердые полезные ископаемые.

Минеральный состав проб природной асбестовой руды был изучен оптико-минералогическим и оптико-петрографическим методами с помощью стереомикроскопа высшего класса Leica MZ 12<sub>5</sub> (Германия) и поляризационного оптического микроскопа Olympus BX 51 (Япония) и рентгенографическим количественным фазовым анализом с использованием рентгеновского дифрактометра X'Pert PRO MPD (PANalytical, Нидерланды). Параметры исследования: монохроматизированное CuK $\alpha$ -излучение (графитовый монохроматор на дифрагированном излучении), режим работы рентгеновской трубки: V = 50 kV, I = 40 mA, режим записи рентгенограмм непрерывный, шаг 0.02 град 2 $\theta$ , время набора импульсов 1.0 с. Минеральный состав городской пыли был определен рентгенографическим количественным фазовым анализом. Методы оптической микроскопии позволяют однозначно диагностировать амфибол-асбест или хризотил-асбест, стекловолокно, респираторные искусственные и натуральные волокна (рис. 3, а, б), т. е. волокна длиннее 5 мкм и диаметром не более 3 мкм при отношении длины к диаметру не менее 3 : 1. Само понятие «респираторные», то есть вдыхаемые, частицы гораздо шире, так как в легкие попадают волокнистые и зернистые частицы и других размеров. В большинстве стран мира нормирование асбестосодержащих пылей основано на определении числа респираторных волокон в единице объема (волокон в миллилитре — в/мл) [5].

### Результаты и их обсуждение

*Природная руда Кiemбаевского месторождения.* Исследование руд Кiemбаевского месторождения проводилось комплексом методов рентгенографического и оптико-минералогического анализов для определения исключительно их качества и подтверждения возможности использования их для изготовления шифера. Асбестовая руда представлена преимущественно поперечно-волокнистым хризотил-асбестом. Главным рудным минералом является клинохризотил, содер-

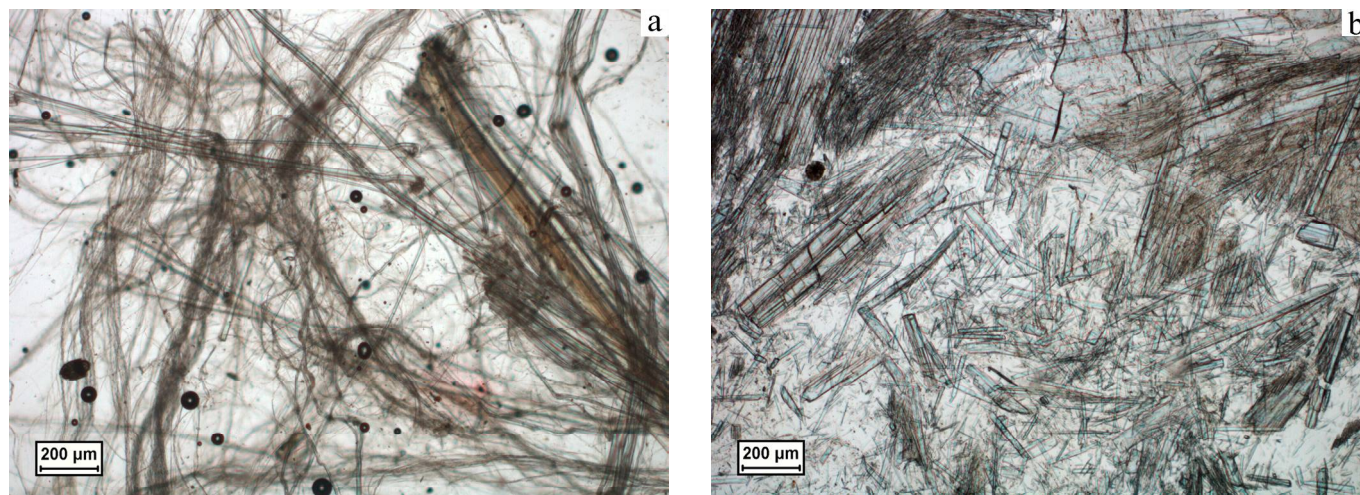


Рис. 1. Хризотил-асбест (а); амфибол-асбест (б). Проходящий свет, николи параллельны  
Fig. 1. Chrysotile-asbestos (a); amphibole-asbestos (b). Transmitted light, parallel nicols

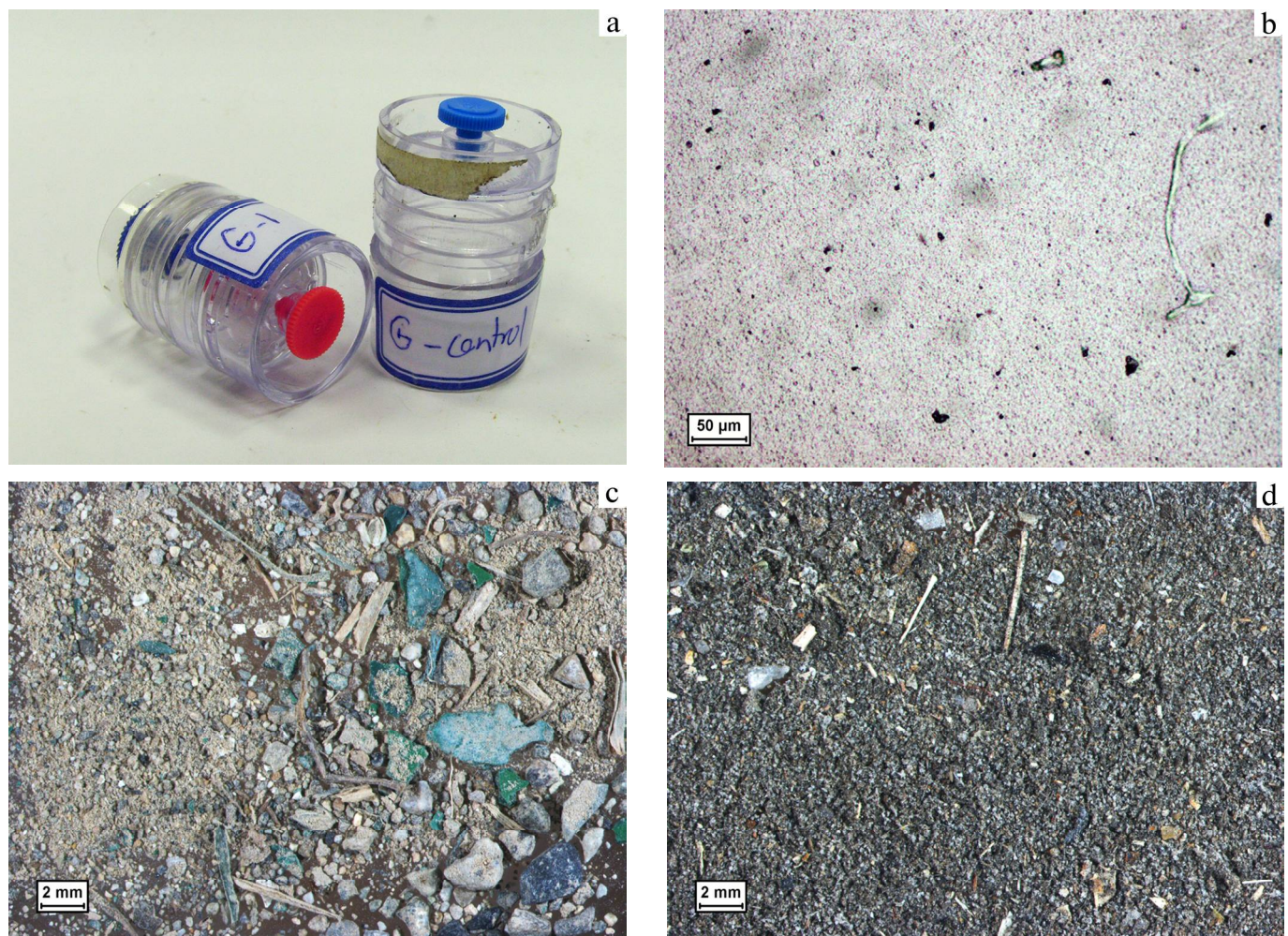




жание которого в породе колеблется от 57.4 до 86.0 %. В значительном количестве присутствуют минералы группы серпентина (лизардит и антигорит), их содержание составляет 2.8–31.7 %. Основные минералы были диагностированы по своим характерным межплоскостным расстояниям ( $d$ , Å): клинохризотил — 7.36, 3.66, 2.45; лизардит — 7.36, 3.64, 2.15; антигорит — 7.26, 3.63, 2.52, 2.42. В подчиненном количестве отмечаются магнетит и брусит. При производстве любых видов асбестовых материалов важную роль играет длина волокон асбеста, это основной признак, по которому асбест делят на сорта, в свою очередь определяющие группу обогатимости, технологические показатели обогащения и качество готовой продукции. Фракционный состав (содержание длинноволокнистой (более 1 мм) и тонкодисперсной (менее 0.14 мм) фракций) зависит от минерального состава руды. Так, наиболее высоким содержанием длинноволокнистой и минимальным содержанием тонкодисперсной фракций характеризуется волокно апоперидотитовых руд Киембаевского месторождения [4].

**Техногенные образования.** Были проанализированы мусор и пыль уличных площадок крупных городов. При этом учитывалось и наличие объектов, потенци-

ально способствующих загрязнению территорий (карьеры и прилегающие к ним участки, камнедробильные производства, заводы, изготавливающие шифер, автомастерские и пр.). За последние пять лет проанализировано порядка 300 образцов. При наличии достаточного количества образца пыли использовался рентгенографический анализ. Однако, как правило, в пыли присутствует значительное количество рентгеноаморфной фазы, представленной искусственным материалом, фауной и флорой, а также тонкодисперсными минералами, размер кристаллитов которых не превышает 0.02 мкм. Поэтому достоверным такой анализ считать некорректно. Как показал наш опыт, в этом случае всегда необходимо привлекать оптическую микроскопию. В качестве примера рассмотрим комплексный анализ пыли и сметов с улиц Тегерана и Шираза. Рентгенографическим анализом установлен минеральный (фазовый) состав пыли. На долю кристаллических фаз тегеранской пыли приходится 69.0–81.5 %. В пыли Шираза количество кристаллических фаз составляет 48–65 %. Главными пылеобразующими минералами являются кварц, кальцит, глинистые минералы, калиевый полевой шпат, плагиоклаз, не повсеместно и обычно в резко подчиненном количестве встреча-



**Рис. 2.** Мембранные фильтры Isopore для определения асбеста в воздушных аэрозолях (а); искусственное волокно на просветленном воздушном фильтре (б) (проходящий свет, николи параллельны); смёты с городских уличных площадок Ирана (с, d)

**Fig. 2.** Isopore membrane filters for the determination of asbestos in airborne aerosols (a); artificial fiber on an anti-reflective air filter (b) (transmitted light, parallel nicols); sweeping from urban street areas (Iran) (c, d)

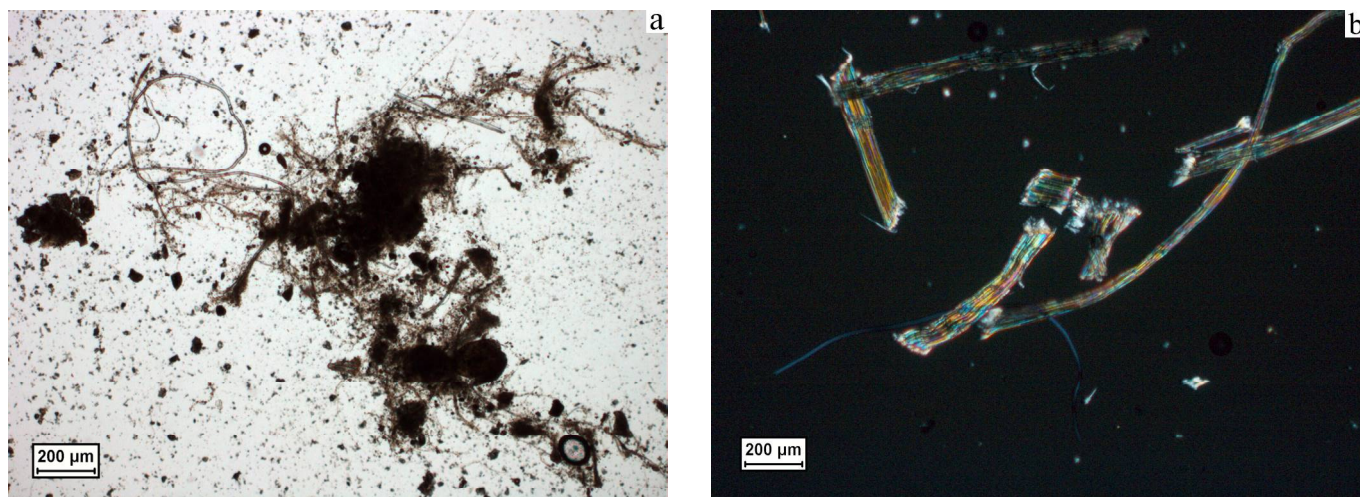


ются гипс, доломит, хлорит. В пыли обнаружены хатрурит и акерманит, которые имеют явно искусственное происхождение. Для полного представления об изучаемой пыли был проведен оптико-минералогический анализ. Для определения счетной концентрации частиц, т. е. содержания волокон в единице объема воздуха, применялся микроскопический анализ специальных мембранных фильтров, которые использовались для отбора проб пыли (рис. 2, а–д). Фильтры проанализированы в проходящем свете оптического микроскопа [13].

Таким образом, в дорожной пыли и смётах городов Ирака хризотил-асбест и амфибол-асбест не были обнаружены. Характерным для изученных образцов является присутствие синтетических волокон, внешне похожих на волокна асбеста, но отличающихся от них по своим оптическим свойствам — показателю преломления и интерференционным окраскам. Растительные волокна, присутствующие в незначи-

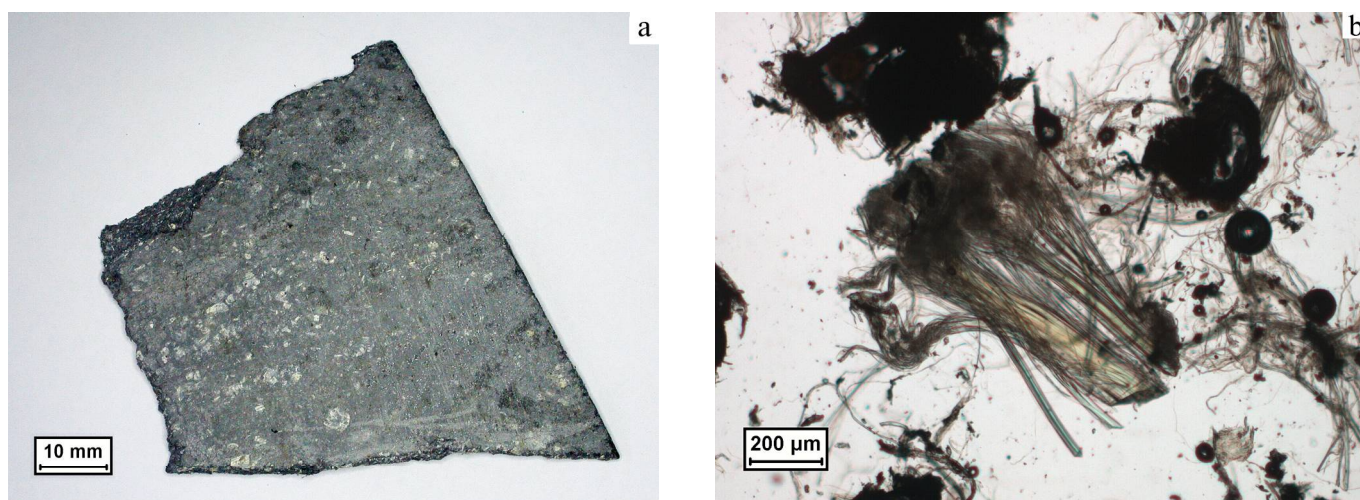
тельном количестве во всех пробах, обладают высокими цветами интерференции и характерным внутренним строением волокна (рис. 3, b), позволяющим отличить их от волокон асбеста. Аналогичные результаты были получены при изучении пыли с улиц Москвы и Екатеринбурга, в которой также не были обнаружены хризотил-асбест и амфибол-асбесты.

*Специальные материалы, используемые в судостроительстве.* В рамках декларации соответствия (конструкция без асбестосодержащих материалов в соответствии с Правилom 3-5 Главы II-1 СОЛАС) и программы утилизации судов для Российского морского регистра судоходства необходимо выявление, идентификация и определение содержания асбеста в специальных материалах — изоляция, палубные покрытия, паронит (рис. 4, а), тормозные ленты, уплотнительные набивки. ВИМС сегодня проводит оптико-минералогический анализ (с привлечением иммерсионного метода) материалов, используемых в судо-



**Рис. 3.** Волокна в промышленной пыли: а — искусственные (оптический препарат, проходящий свет, николи параллельны); б — растительные (оптический препарат, проходящий свет, николи скрещены)

**Fig. 3.** Fibers in industrial dust: a — artificial (optical preparation, transmitted light, parallel nicols); b — natural (optical preparation, transmitted light, crossed nicols)



**Рис. 4.** Уплотнительный материал трубопроводов судна (паронит) (а); хризотил-асбест в пароните (оптический препарат, проходящий свет, николи параллельны) (б)

**Fig. 4.** Sealing material for ship pipelines (paronite) (а); chrysotile-asbestos in paronite (optical preparation, transmitted light, parallel nicols) (б)



строении. Более тысячи анализов, выполненных в 2020—2022 годах позволили установить присутствие как хризотил-асбеста (рис. 4, b) в различных количествах (от 0.1 до 98 %), так и искусственных и природных волокон.

## Заключение

Проведенные минералогические исследования показали, что в зависимости от материала, содержащего асбест, и его видовой принадлежности можно использовать методы оптической микроскопии и рентгенографический фазовый анализ или комплексирование этих методов. Минералогические методы исследования также позволяют успешно проводить качественную и количественную оценку искусственных и натуральных волокон, присутствующих в исследуемом материале и нередко диагностируемых как асбест.

В результате исследований был определен минеральный состав асбестовой руды Кiemбаевского месторождения, городской пыли и дорожных смётов зарубежных городов, а также специальных материалов, используемых в современных судах.

В депонирующих средах (пыль, смёты), в которых нередко встречаются синтетические и природные респираторные волокна, хризотил-асбест и амфибол-асбесты не обнаружены.

Минералогический анализ специальных материалов, используемых в судостроении, показал, что содержание хризотил-асбеста в них варьирует в весьма значительных пределах. Одновременно с хризотил-асбестом в них присутствуют синтетические и растительные волокна.

Хризотил-асбест, обнаруженный в ходе исследований, относится к наименее вредным минеральным разновидностям асбеста по сравнению с амфибол-асбестом согласно списку PIC. Применение и утилизация материалов, содержащих хризотил-асбест, должны выполняться в соответствии с нормативными документами и при строгом соблюдении техники безопасности.

## Литература

1. *Важные решения конференции сторон Базельской, Роттердамской и Стокгольмской конвенций 2022 года.* URL: <http://ekois.net/vazhnye-resheniya-konferentsii-storon-bazelskoj-rotterdamskoj-i-stokgolmskoj-konventsij-2022-goda> (дата обращения 07.09.2022).
2. *Голева Р. В.* Экологическая минералогия — новое научное направление в геоэкологии (становление, перспективы развития). М., 2007. 36 с.
3. *Жукова В. Е., Ожогина Е. Г., Сычева Н. А., Шувалова Ю. Н., Якушина О. А.* Методические подходы к диагностике хризотил-асбеста в антропогенных экосистемах // *Современные проблемы теоретической, экспериментальной и прикладной минералогии (Юшкинские чтения — 2020)*. Сыктывкар, 7—10 декабря 2020 г. С. 272—273.
4. *Зырянов В. А., Свергунов П. В.* Фракционный состав хризотил-асбеста Кiemбаевского месторождения // *Известия Уральского государственного горного университета*. 2002. Вып. 15. С. 61—66.
5. *Ковалевский Е. В., Кашианский С. В.* Современные подходы к нормированию асбестосодержащих пылей // *Медицина труда и промышленная экология*. 2008. № 3. С. 9—15.

6. *Кочелаев В. А.* Ещё раз об асбесте и новейших международных медицинских исследованиях, связанных с ним. Асбест, 2010.

7. *Минеральное сырье.* Асбест: Справочник / Н. Н. Ведерников, В. С. Полянин, И. Ф. Романович. М.: Геоинформмарк, 1999. 40 с.

8. *Методические рекомендации по применению «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Асбест».* М., 2007. 35 с.

9. *Ожогина Е. Г., Котова О. Б., Якушина О. А.* Горнопромышленные отходы: минералогические особенности // *Вестник Института геологии*. 2018. № 6. С. 43—49. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-6-43-49

10. *Ожогина Е. Г., Котова О. Б., Якушина О. А., Жукова В. Е.* Оценка возможности вторичного использования горнопромышленных отходов // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*. 2020. № 2. С. 58—63. DOI: 10.31857/S0869780920010166

11. *Ожогина Е. Г., Шадрюнова И. В., Чекушина Т. В.* Роль минералогических исследований в решении экологических проблем горнопромышленных регионов // *Горный журнал*. 2017. № 11. С. 105—110. DOI: 10.17580/gzh.2017.11

12. *Сбор, транспортирование, захоронение асбестосодержащих отходов: Метод. указ.: МУ 2.1.7.1185-03.* М.: Фед. центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2003 // *Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.* URL: <https://snip.ruscable.ru/Data1/41/41464/index.htm> (дата обращения 07.09.2022).

13. *Янин Е. П.* Асбест в окружающей среде (введение в экологическое асбестоведение). М., 1997. 176 с.

14. *ISO 30007:2010 — Суда и морские технологии. Меры по предотвращению эмиссии асбеста при утилизации судна* // *Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.* URL: <https://docs.cntd.ru/document/431880926> (дата обращения 07.09.2022).

15. *Recovery of mining waste in the complex development of mineral resources: The monograph / Edited by V.A. Chanturia and I. V. Shadrinova.* М.: Publishing house «Sputnik +», 2019, 121 p.

## References

1. *Important decisions of the Conference of the Parties to the Basel, Rotterdam and Stockholm conventions in 2022.* URL: <http://ekois.net/vazhnye-resheniya-konferentsii-storon-bazelskoj-rotterdamskoj-i-stokgolmskoj-konventsij-2022-goda> (accessed 07.09.2022)
2. *Goleva R. V. Ekologicheskaya mineralogiya — novoye nauchnoye napravleniye v geokologii (stanovleniye, perspektivy razvitiya)* (Ecological mineralogy — a new scientific direction in geoecology (formation, development prospects)). Moscow, 2007, 36 p.
3. *Zhukova V. E., Ozhogina E. G., Sycheva N. A., Shuvalova Yu. N., Yakushina O. A. Metodicheskiye podkhody k diagnostike khrizotil-asbesta v antropogennykh ekosistemakh* (Methodological approaches to the diagnosis of chrysotile asbestos in anthropogenic ecosystems). Mineralogy (Yushkin Readings — 2020). Syktyvkar, December 7—10, 2020, pp. 272—273.
4. *Zyryanov V. A., Svergunov P. V. Fraktsionnyy sostav khrizotil-asbesta Kiyembayevskogo mestorozhdeniya* (Fractional composition of chrysotile-asbestos of the Kiyembayevsky deposit). Proceedings of the Ural State Mining University, 2002, No. 15, pp. 61—66.

5. Kovalevsky E. V., Kashansky S. V. *Sovremennyye podkhody k normirovaniyu asbestosoderzhashchikh pyley* (Modern approaches to the rationing of asbestos-containing dusts). *Occupational Medicine and Industrial Ecology*, 2008, No. 3, pp. 9–15.
6. Kochelaev V. A. *Yeshcho raz ob asbeste i noveyshikh mezh-dunarodnykh meditsinskikh issledovaniyakh, svyazannykh s nim* (Once again about asbestos and the latest international medical research related to it). Brochure. Asbest, 2010.
7. *Mineralnoye syrye. Asbest: spravochnik* (Mineral raw materials. Asbestos: a reference book). Vedernikov N. N., Polyannin V. S., Romanovich I. F. Moscow: Geoinformmark, 1999, 40 p.
8. *Metodicheskiye rekomendatsii po primeneniyu Klassifikatsii zapasov mestorozhdeniy i prognoznykh resursov tverdykh poleznykh iskopayemykh* (Guidelines for the application of the Classification of reserves of deposits and predicted resources of solid minerals). Asbestos, Moscow, 2007, 35 p.
9. Ozhogina E. G., Kotova O. B., Yakushina O. A. *Gornopromyshlennyye otkhody: mineralogicheskiye osobennosti* (Mining waste: mineralogical features). *Vestnik of the Institute of Geology*, 2018, No. 6, pp. 43–49. DOI: 10.19110/2221-1381-2018-6-43-49
10. Ozhogina E. G., Kotova O. B., Yakushina O. A., Zhukova V. E. *Otsenka vozmozhnosti vtorichnogo ispolzovaniya gornopromyshlennykh otkhodov* (Assessment of the possibility of recycling mining waste). *Geoecology, engineering geology, hydrogeology, geocryology*, 2020, No. 2, pp. 58–63. DOI: 10.31857/S0869780920010166
11. Ozhogina E. G., Shadrinova I. V., Chekushina T. V. *Rol mineralogicheskikh issledovaniy v reshenii ekologicheskikh problem gornopromyshlennykh regionov* (The role of mineralogical research in solving environmental problems of mining regions). *Mining Journal*, 2017, No. 11, pp. 105–110. DOI: 10.17580/gzh.2017.11
12. *Sbor, transportirovaniye, zakhroneniye asbestosoderzhashchikh otkhodov: Metodicheskiye ukazaniya: MU 2.1.7.1185-03* (Collection, transportation, disposal of asbestos-containing waste: Guidelines MU 2.1.7.1185-03). Moscow: Federal Center of the State Sanitary and Epidemiological Supervision of the Ministry of Health of Russia, 2003. Electronic fund of legal and regulatory documents. URL: <https://snip.ruscable.ru/Data1/41/41464/index.htm> (accessed 07.09.2022).
13. Yanin E. P. *Asbest v okruzhayushchey srede (vvedeniye v ekologicheskoye asbestovedeniye)* (Asbestos in the environment (an introduction to environmental asbestos science)). Moscow, 1997, 176 p.
14. ISO 30007-2010 — Ships and marine technology — Measures to prevent asbestos emission and exposure during ship recycling. Electronic fund of legal and normative-technical documents. URL: <https://docs.cntd.ru/document/431880926> (accessed 07.09.2022).
15. Recovery of mining waste in the complex development of mineral resources: The monograph. Edited by V. A. Chanturia and I.V. Shadrinova. Moscow: Publishing house "Sputnik +", 2019, 121 p.

Поступила в редакцию / Received 15.09.2022