

Янин Е.П. Асбестоносные площади и горные породы как природные источники поступления асбестовой пыли в окружающую среду // Научные и технические аспекты охраны окружающей среды, 2013, № 5, с. 18–47.

Введение

В природных условиях асбест встречается в виде амфиболовых и хризотилowych (серпентиновых) минералов, принципиально различающихся по своей структуре. Амфибол-асбесты относятся к силикатам ленточной структуры; хризотилowy асбест – к слоистым, или листовым, силикатам. В распушенном состоянии волокна хризотил-асбест имеют белый цвет, поэтому его в обиходе часто называют белым асбестом. Амфиболовые асбесты представлены минералами из группы амфиболов, среди которых выделяют крокидолит- (синий, или капский асбест), антофиллит-, амозит-, режикит- (голубой асбест), родусит-, рихтерит-, тремолит- и актинолит-асбесты.

Асбест является материалом, применение которого человеком началось в глубокой древности [36]. Промышленная значимость асбестовых минералов определяется их параллельно-волокнистым строением и способностью при механическом воздействии расщепляться на тончайшие волокна, а также такими свойствами последних, как эластичность, высокая прочность на растяжение, способность выдерживать высокие температуры без существенного изменения физических свойств, химическая стойкость, тепло- и электроизоляционные свойства, высокая адсорбционная активность распушенных асбестов, их хорошая смачиваемость водой и способность образовывать однородные асбестовые суспензии. Наибольшее значение имеет хризотил-асбест, на долю которого в последние 100–150 лет приходилось до 96% мировой добычи асбестовых минералов. Из асбестов амфиболовой группы практическое значение представляют крокидолит и амозит (куммингтонит-асбест, или волокнистый грюнерит), в меньшей степени антофиллит, добыча остальных разновидностей асбестов в значимых промышленных масштабах никогда не осуществлялась [33]. В конце 1970-х – начале 1980-х гг. на основе асбеста или с его использованием вырабатывалось до 3500 наименований различных изделий, применяемых в промышленности, сельском хозяйстве, в быту.

К настоящему времени выполнены обширные работы по гигиенической оценке и изучению биологического влияния асбестовых волокон на организм человека, в основу которых положены преимущественно исследования воздействия асбеста на человека в производственных условиях, а также эксперименты с лабораторными животными. В общем случае у лиц, длительное время контактирующих с асбестом (прежде всего, в профессиональных условиях), вероятно возникновение асбестоза, гиалиноза и кальцификации плевры, рака легких, мезотелиомы легких и брюшины, заболеваний других органов [33]. Доказано, что главный путь негативного воздействия асбеста на человека – вдыхание асбестовых волокон (особенно амфиболовых асбестов) из загрязненного воздуха в профессиональных (промышленных) условиях. В 1970-х гг. асбест в различных странах был внесен в национальные регистры канцерогенных веществ. Примерно в это же время было установлено, что при прочих равных условиях амфиболовые разновидности асбестов обладают более высокой биологической агрессивностью в сравнении с хризотилowym асбестом (особенно в отношении канцерогенности). Имеются данные, показывающие, что заболеваемость и смертность среди профессиональных рабочих, контактирующих с хризотилом, как правило, в несколько раз ниже, чем у рабочих, подвергшихся влиянию амфиболовых асбестов. Здесь следует отметить, что чистый хризотил-асбест использовался (чаще всего, что принципиально, в смеси с вяжущим веществом), в сущности, только в одной России (в быв. СССР). В большинстве стран мира применялись амфибол-асбесты

или хризотил-асбест со значительной примесью амфиболовых асбестов, что, судя по всему, и предопределило более широкое развитие в этих странах асбестозависимых (прежде всего, онкологических) заболеваний у профессиональных рабочих. К тому же, например, в странах Западной Европы широко практиковалось напыление асбестового волокна на поверхность, подлежащую изоляции, без какой-либо доводки, препятствующей выделению асбестовой пыли в воздух.

Примерно в конце 1970-х гг. во многих странах стали появляться требования общественности, ученых и природоохранных организаций о резком ограничении производства и практического использования асбеста и асбестосодержащих материалов [35]. В настоящее время «антиасбестовая» кампания, главной целью которой является полный («тотальный») запрет производства и использования асбеста в любом виде, приобрела глобальный характер. Основные производители асбеста и их сторонники ратуют за так называемое регулируемое использование асбеста (хризотил-асбест) и асбестосодержащих материалов. Следует отметить, что указанная «антиасбестовая» кампания, по ряду причин, направлена на «борьбу» только лишь с «техногенным асбестом». В то же время следует различать не только техногенные (антропогенные), но и природные источники поступления асбестовых волокон в окружающую среду [33, 37]. Среди антропогенных источников логично выделить следующие основные группы: 1) источники, связанные с добычей и переработкой асбестовых руд и асбестосодержащих пород; 2) источники, связанные с производством асбестосодержащих материалов, изделий и т. п., а также материалов и изделий, содержащих асбест в виде нежелательных примесей; 3) вторичные источники, в роли которых выступают различные асбестосодержащие (по американской терминологии к асбестосодержащим относятся материалы и изделия с содержанием асбеста более 1%) материалы, изделия, конструкции, а также материалы, изделия и конструкции, в которых асбест присутствует в виде случайных примесей. Природными источниками асбестовой пыли являются горные породы, содержащие асбестовые минералы, которые под воздействием экзогенных процессов могут высвобождаться в окружающую среду. Количественные оценки различных групп источников, к сожалению, отсутствуют. Тем не менее в глобальном масштабе природная поставка асбеста в окружающую среду, судя по всему, заметно (возможно, многократно) превышает его поступление от антропогенных источников. Считается, что даже полное прекращение добычи, переработки и применения асбеста приведет лишь к незначительному снижению содержания его волокон в среде обитания. Так, по мнению [46], глобальное распределение хризотил-асбеста, оцененное на основе распределения его в кернах полярного льда, относительно постоянно. Согласно [41], в льдах Гренландии наблюдается незначительное направленное (с середины 1750-х гг.) увеличение содержания асбестовых волокон, что, очевидно, может указывать на некоторый рост техногенной составляющей.

В конце 1970-х гг. стали появляться сведения о том, что волокна асбеста могут приводить к эндемическому проявлению различных заболеваний (асбестоза, кальцификации плевры, мезотелиомы, рака легких) у населения, проживающего в районах с повышенным природным уровнем асбеста в объектах окружающей среды (прежде всего, в горных породах и почвах). Например, совместные исследования турецких и английских ученых позволили обнаружить факт непрофессионального заболевания мезотелиомой среди населения Анатолии. Возникновение ее было обусловлено повышенным содержанием волокнистых минералов в горных породах [26]. Эпидемиологические исследования, выполненные в некоторых южных районах Болгарии, где в почвах содержатся повышенные количества асбестовых минералов, показали, что в 71 поселке (около 66 тыс. жителей) у населения было обнаружено наличие плевральных бляшек, частота встречаемости которых колебалась от 2 до 208 на 1000 жителей. У жителей с такими бляшками жизненная емкость легких была несколько ниже, чем у не имевших их. Рентгеновское обследование более 38 тыс. человек в возрасте старше 20 лет не обнаружило наличия мезотелиомы, в том числе у 1034 человек с плевральными бляшками. Это, по-видимому, указывает на различие при-

чин, вызывающих появление плевральных бляшек или мезотелиомы. Тем не менее у жителей этих районов была установлена повышенная заболеваемость раком легких. Кроме того, у некоторых больных антофиллитовый асбестоз комбинировался с плевральными бляшками, а заболеваемость раком легких была в 2,3 раза выше, чем среди тех, у кого такие бляшки были не обнаружены. Однако четкой связи между возникновением последних и опухолей установлено не было [40]. Среди населения некоторых районов Финляндии, Чехии, Словакии, Турции, Болгарии и Греции установлена диффузная двусторонняя кальцификация плевры [44]. В частности, в 1969 г. среди жителей четырех близко расположенных селений Греции (Мецово, Анилио и др.) была выявлена высокая распространенность кальцификации плевры (у 45,% проживающего здесь населения). Частота развития заболевания не зависела от пола, увеличивалась с возрастом и, при явно выраженной степени, сопровождалась умеренной легочной недостаточностью. Этиологическим фактором этого синдрома, названного «легкое Мецово», являются минеральные волокна, присутствующие в горных породах и почвах. В 1977 г. в США Фондом защиты окружающей среды была издана карта страны, на которой показано распространение асбестосодержащих пород, способных создавать опасные уровни содержания асбестовых волокон в воздухе [42]. Было также рекомендовано закрыть пыльные велосипедные тропы в рекреационной зоне Клир-Крик в округе Сан-Бенито, шт. Калифорния, где широко распространены асбестосодержащие горные породы [24].

Приведенные примеры свидетельствуют о вероятности возникновения различных заболеваний, эндемичных по своему проявлению и связанных с естественным высоким уровнем волокнистых минералов в окружающей среде. Это позволяет высказать предположение о существовании своеобразных асбестовых биоминеральных провинций (по аналогии с биогеохимическими провинциями), т. е. территорий с повышенным природным уровнем волокнистых минералов в окружающей среде, отличающихся, судя по всему, возможным развитием у населения асбестозависимых заболеваний [33]. Не исключено, что необходимы серьезные и детальные исследования по выявлению таких районов и оценке их эколого-гигиенической значимости. По-видимому, первым этапом могли бы быть исследования с указанных позиций территорий асбестоносных площадей, где широко распространены асбестосодержащие породы и размещены месторождения и проявления асбеста, разрушение которых выветриванием и эрозионно-денудационными процессами обуславливают повышенную поставку асбестовых волокон в окружающую среду, в том числе, в атмосферный воздух и природные воды.

Общая характеристика асбестоносных площадей и месторождений асбеста

Наиболее крупной асбестоносной площадью, объединяющей асбестоносные провинции, региональные пояса, зоны и асбестоносные поля, являются планетарные асбестоносные пояса (табл. 1), которые пространственно и генетически связаны с соответствующими гипербазитовыми поясами земного шара, локализованными в зонах глубинных разломов [7, 8]. Внутри планетарных поясов выделяются асбестоносные провинции, в пределах которых, в свою очередь, различают несколько главных типов. Следующей важной таксономической единицей районирования являются асбестоносные пояса, соответствующие по своему положению рудным поясам, пространственно и генетически приуроченные к гипербазитам различного формационного типа и возраста. Внутри асбестовых поясов выделяются асбестоносные зоны и поля. В общем случае пространственные закономерности размещения асбестоносных площадей почти всех категорий заключаются в приуроченности асбестоносных гипербазитов к вполне определенным структурно-тектоническим зонам складчатых областей, а асбестоносных полей, кроме того, во взаимном сочетании различных локальных факторов, контролирующих асбестовое оруденение в пространстве [8].

Таблица 1

Главные типы асбестоносных площадей [8]

Порядок размера асбестоносных площадей	Типы асбестоносных площадей	Характерные примеры
Планетарные	Планетарный асбестоносный пояс	Урало-Тянь-Шанский, Тихоокеанский, Средиземно-морский (пояс Тетис) и др.
Весьма крупные	Асбестоносная провинция	Уральская, Алтае-Саянская, Казахстанская, Аппалачская и др.
Крупные	Асбестоносная область	Серовско-Маукский пояс месторождений хризотил- и амфибол-асбестов в интрузиях габбро-перидотитовой формации на стыках структур различной мобильности (в Уральской провинции)
Средние	Асбестоносный район	Асбестовско-Алапаевская зона месторождений хризотил-асбеста баженовского подтипа в массивах габбро-перидотитовой формации, испытавших воздействие более молодых гранитоидов сиалического типа
Небольшие	Асбестоносное поле	Баженовское, Красноуральско-Луковское и др.

В мире зарегистрировано, по-видимому, несколько тысяч месторождений и проявлений асбеста. Значительная часть их связана с ультраосновными породами, распространенными в складчатых областях всех возрастов, меньшая – с доломитизированными известняками. Многие массивы гипербазитов содержат явно непромышленные асбестопроявления (содержание асбестового волокна не превышает 1%). Однако значительная часть таких массивов с позиций асбестоносности практически не изучена, поэтому можно ожидать, что реальные площади распространения асбестосодержащих пород могут быть намного более значительными. Имеющиеся данные свидетельствуют, что масштабы распространения асбестосодержащих пород, месторождений и рудных тел (залежей) довольно велики (табл. 2–4; рис. 1). Например, на востоке США выявлены 331 месторождение и рудопроявление асбеста, которые являются источниками поступления асбестовых волокон в атмосферу и водные объекты; в разное время здесь функционировало 60 асбестовых рудников [58]. В Австралии известны значительные по площади территории, где широко распространены ультрамафические и мафические породы, к которым приурочены асбестовые месторождения и зоны минерализации [53].

Таблица 2

Площади месторождений хризотил-асбеста и ультрамафитовых массивов в некоторых асбестоносных зонах [9]

Зона	Площадь, км ²		Отношение II:I, %
	массивов (I)	месторождений (II)	
Западно-Тувинская	38,00	0,66	1,73
Куртушибинская	480,0	0,46	0,092
Полтавско-Киембайская	247,0	0,55	0,22
Джетыгаринско-Аккаргинская	442,0	0,60	0,13
Асбестовско-Алапаевская	750,0	19,6	2,6
Парамско-Келянская	205,0	0,27	0,13
Ильчирская	248,0	0,41	0,16

Таблица 3

Площади месторождений асбеста и асбестоносных комплексов [9]

Месторождение	Площадь, км ²		Отношение II:I, %
	месторождений (I)	комплексов (II)	
Баженовское	19,6	70	28
Джетыгаринское	0,6	27	2,2
Киембайская	0,55	48	1,14
Молодежное	0,27	1	27
Саянское	0,46	180	0,26
Ильчирское	0,41	2	20,5

Параметры рудных тел некоторых месторождений хризотил-асбеста
России*, Казахстана ** и Узбекистана *** [3]

Промышленный тип	Месторождение	Количество рудных тел (залежей)	Размеры рудных тел (длина x ширина x глубина), м
Месторождения баженовского типа	Баженовское *	36	от 150 x (10–20) x 50 до 5000 x 1250 x (600–850)
	Джетыгаринское **	7	от 800 x (20–80) x (25–100) до 3900 x (50–450) x 800
	Киёмбайское *	14	от 180 x (70–80) x (280–290) до 1800 x (100–550) x (850–880)
	Саянское *	2	1129 x 76 x 283 1984 x 71 x 313
	Молодежное *	1	(409–768) x (278–489) x (368–638)
	Актовракское *	1	3100 x (100–500) x (300–450)
	Ильчирское *	1	1700 x (100–380) x (150–650)
Месторождения карачаевского типа	Ешкеульмесское **	2	3800 x (150–180) x (200–520) 1000 x 180 x (200–300) и серия более мелких
Месторождения аризонско-аспагашского типа	Аспагашское *	15	(20–300) x (4–6) x (25–100)
	Сары-Чеку ***	3	(100–200) x (3–10) x (25–50)

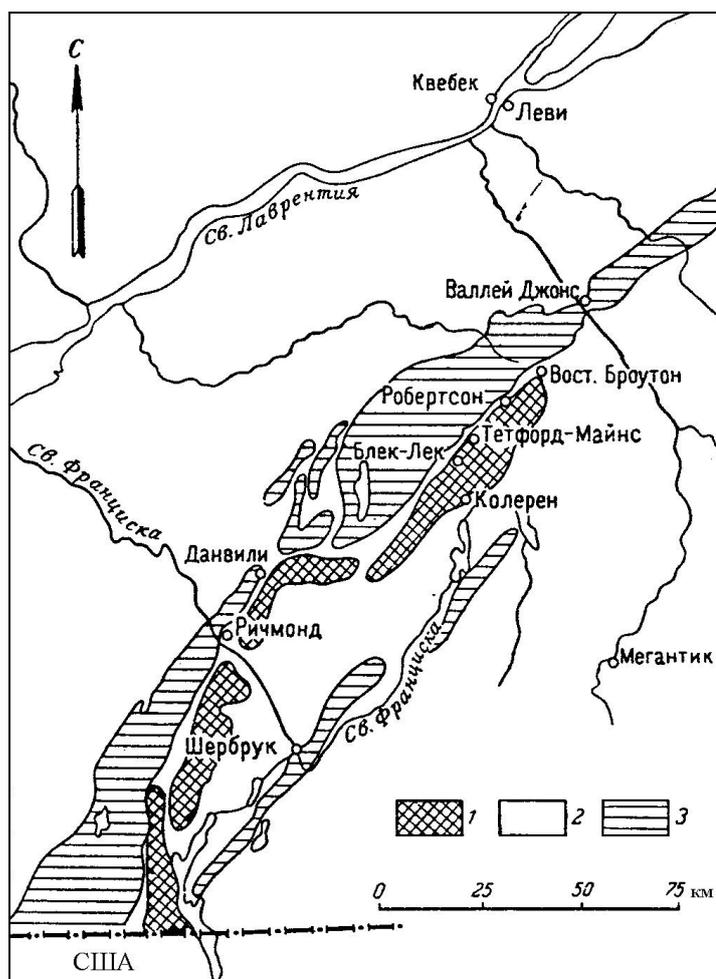


Рис. 1. Асбестовые месторождения провинции Квебек, Канада [28]: 1 – асбестосодержащие породы, 2 – палеозой, 3 – докембрий.

Мировые ресурсы асбестового волокна (извлекаемое волокно) всех разновидностей оцениваются в 300 млн. т, причем общие запасы хризотил-асбеста составляют 97,2%, амо-

зит-асбеста – 1,1%, крокидолит-асбеста – 0,9% [19]. Крупнейшие запасы асбеста сосредоточены в России (47,4% подтвержденных запасов мира), Канаде (18,0%) и Казахстане (13,3%). Крупными запасами обладают Китай (4,7%), Зимбабве (2,6%), ЮАР (2,4%), Италия (2,2%), США (1,9%), Бразилия (1,7%), Греция (1,7%). По запасам волокна среди месторождений асбеста обычно выделяют: хризотил-асбест (в млн. т) – крупные (>5), средние (0,5–5) и мелкие (<0,5); антофиллит-асбест (в тыс. т) – крупные (>50), средние (5–50) и мелкие (<5) [25].

Все месторождения хризотил-асбеста пространственно и генетически связаны с серпентинитами. Главными разновидностями горных пород, слагающих крупные и средние месторождения хризотилового асбеста, являются гипербазиты и продукты их метаморфизма (серпентиниты, дуниты, перидотиты, пироксениты, листвениты, тальковые, тальк-карбонатные и др.), габбро, граниты, гранодиориты, плагиограниты, теналиты, известково-силикатные породы, а также жильные породы и продукты их метаморфизма. Согласно классификации П.М. Татарина [7, 11, 16], выделяется два основных генетических типа месторождений хризотил-асбеста: гидротермальные среднетемпературные месторождения, образовавшиеся на умеренных глубинах в массивах ультраосновных пород (апоультрамафитовый тип), и скарновые (контактово-метасоматические) месторождения, возникшие в гидротермальную среднетемпературную стадию контактового метасоматоза магнезиально-карбонатных пород (апокарбонатный тип).

В месторождениях обоих типов хризотил-асбест образует прожилки среди массивных серпентинитов. Обычно жилы асбеста (мощностью до 10 см, редко выше) характеризуются определенным расположением волокон относительно стенок вмещающих пород. При этом различают [16]: 1) поперечно-волокнистый асбест (*cross-fiber*) – волокна протягиваются перпендикулярно к простиранию жилы под прямым углом к ее стенкам; такие агрегаты дают основную массу прочного, эластичного и легко расщепляющегося волокна; 2) продольно-волокнистый асбест (*slip-fiber*) – волокна располагаются вдоль простирания его жил; данный тип имеет небольшое практическое значение; 3) волокно массы (*mass-fiber*) – микроскопические жилы хризотила, почти нацело слагающие хризотил-волокнистые массивные серпентиниты.

Иногда выделяют также косослоистые агрегаты хризотил-асбеста, которые близки поперечно-волокнистому асбесту. Установлены определенные закономерности зонального расположения специфических типов жилкования. Кроме того, по расположению жил хризотил-асбеста в пространстве и относительно друг друга различают (рис. 2): 1) простые отороченные или зальбандовые жилы (с ними связан наиболее длинноволокнистый асбест – до 4–40 мм и более, но выход его из горной массы составляет лишь 0,5–2%); 2) сложные отороченные жилы (содержание асбеста до 2–12%); 3) сетчатый тип (жилы типа крупной сетки и жилы типа мелкой сетки с длиной волокна в среднем 6–8 мм и выходом из горной массы до 4–8%); 4) мелкопрожилковый тип, или мелкопрожил (длина волокна 1–3 мм, редко 5–6 мм, выход из горной массы достаточно высок); 5) асбестоносность типа просечек, или «волосовик» (просечками в жилах хризотил-асбеста называют те места в них, где наблюдается разделение волокнистых агрегатов поперек на одну, две или несколько частей, что обуславливает прерывность волокна по его длине); 6) одиночные жилы (содержание асбеста в руде до 10–15%, выход из всей горной массы до 1–2,5%); 7) продольно-волокнистые жилы (длинноволокнистый асбест с содержанием в руде до 1,5–8%).

Гидротермальные (апоультрамафитовые) месторождения хризотил-асбеста, возникающие в процессе серпентинизации в ультраосновных породах, являются наиболее крупными и важными в промышленном отношении [5, 7, 8, 10, 11, 16, 20, 21, 23, 25]. Серпентиниты с хризотилом формируются в результате автотермальной серпентинизации ультрабазитов, которые внедряются по глубинным разломам в начальные стадии складчатости. Среди указанного типа в зависимости от строения жил асбеста и их взаимного расположения (способа жилкования) выделяются месторождения трех подтипов: ба-

женовского, лабинского и карачаевского. В последние годы В.Р. Артемовым [16] был выделен еще один, четвертый, так называемый брединский подтип месторождений хризотил-асбеста.

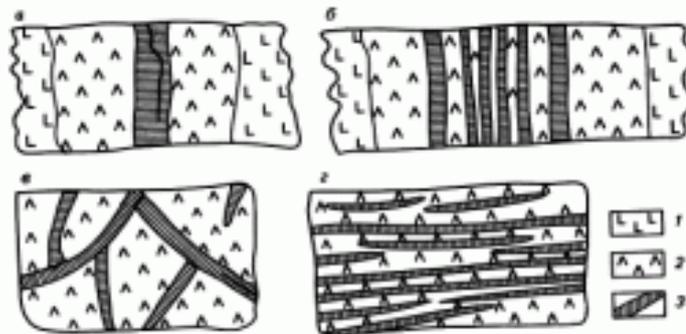


Рис. 2. Основные типы жилкования хризотил-асбеста [6]: *a* – простая отороченная жила, в центре жилы видна просечка, *б* – сложная отороченная жила, *в* – руда типа мелкой сетки, *г* – руда мелкопрожилковая; 1 – гарцбургит, 2 – серпентинит, 3 – жилки хризотил-асбеста.

Месторождения баженовского подтипа приурочены к крупным массивам гипербазитов, сложенных в основном серпентинизированными перидотитами. В пределах указанных массивов зоны асбестовых руд представляют собой полосы различной мощности, фиксирующие пространственное положение тектонических разломов. Обычно присутствует несколько асбестовых залежей линзовидной и/или эллипсоидальной формы мощностью до 400 м и протяженностью до 3 км. Глубина распространения отдельных залежей может достигать нескольких сотен метров. Они отличаются крайне неравномерной насыщенностью асбестом при среднем содержании волокон (сорта 0–5) в рудах от 1,5 до 8%. На асбестовых залежах не исключено развитие коры выветривания мощностью от нескольких сантиметров до 50 м и более. Для месторождений данного подтипа характерно зональное строение асбестоносных зон, которое, однако, не всегда фиксируется. Большей частью асбестоносность в месторождениях баженовского подтипа представлена мелкосетчатыми рудами, несколько реже крупной сеткой и отороченными жилами. К рассматриваемому подтипу относятся многие самые крупные в мире месторождения хризотил-асбеста, запасы которого в них насчитывают от нескольких сотен тысяч до десятков миллионов тонн. Среди них – Баженовское, Актовратское, Молодежное (Россия), Джетыгаринское (Казахстан), Джеффри, Блек-Лейк, Кассиар (Канада), Шабани и Машаба (Зимбабве). На долю месторождений этого подтипа приходится более 95% учтенных мировых запасов всех разновидностей асбестов; они до недавних пор обеспечивали до 95% добычи и производства товарного асбеста в мире.

Месторождения лабинского подтипа характеризуются преимущественно небольшими размерами. Они представляют собой жилообразные полосы серпентинитов, пронизанных параллельными жилами асбеста, что очень напоминает участки сложных отороченных жил в залежах месторождений предыдущего подтипа. Асбест в основном поперечно-волоконистый с длиной волокон до 60 мм, относящихся к высококачественным разновидностям со сравнительно высокой долей текстильных сортов. Среднее содержание асбеста в горной массе не превышает 2,5%, хотя в отдельных жилах доходит до 10–50%. На долю месторождений данного подтипа приходится около 1% учтенных мировых запасов асбеста. Наиболее известные месторождения – Лабинское (Россия), Нью-Амиантус (ЮАР), Хавелок (Свазиленд).

Месторождения карачаевского подтипа приурочены к ультрамафитам, образующим интрузивные тела незначительных размеров. Асбест в основном продольно-волоконистый с длиной волокна до 30–50 мм, иногда более, непостоянного качества. Его содержания в рудах находятся в пределах 1,5–8%; преобладают, как правило, низкие сорта. На многих ме-

сторождениях асбест тесно сростается с нематолитом (волокнистым бруситом), а также ассоциируется с карбонатами (кальцитом, анкеритом), что резко снижает промышленную ценность подобных месторождений. Обычно запасы асбеста в месторождениях данного подтипа составляют несколько десятков или сотен тысяч тонн, редко больше. На долю этих месторождений приходится около 2% учтенных мировых запасов хризотил-асбеста. Примерами месторождений могут служить Карачаевское (Россия), Ешкеульмесское (Казахстан), Ист-Броутон (Канада), Вермонт (США).

Руды месторождений брединского подтипа сложены в основном мелкосетчатым и мелкопрожилковым асбестом и просечками в нацело серпентинизированных гипербазилах. Месторождения этого подтипа изучены недостаточно полно и в настоящее время практически не имеют промышленного значения. В России они представлены Наследницким (Юж. Урал) и Оспин-Дабанским (Вост. Саяны) месторождениями.

Месторождения хризотилового асбеста, связанные с магниезальными карбонатными породами (скарновые, контактово-метасоматические, или месторождения апокарбонатного типа), наблюдаются в различных районах земного шара и связаны с полосами и линзами серпентинитов, образовавшихся при замещении толщ доломитов и доломитизированных известняков, обусловленного воздействием на них магматических пород, которые рассекают карбонатные толщи в виде жил основного состава, либо внедряются или контактируют с ними [11, 16, 20, 23]. Среди месторождений данного типа обычно выделяют аспагашский подтип месторождений, связанный либо с жилами основного состава, рассекающими доломитовые породы, либо с контактным воздействием на доломитовые породы кислых гранитных интрузий. Как правило, месторождения данного типа отличаются небольшими размерами. Асбестоносность, имеющая промышленное значение, проявлена в форме незначительных пласто- и жилкообразных тел серпентинитов с жилками хризотил-асбеста. Асбест в основном поперечно-волокнистый с длиной волокон до 10, реже до 50 мм; содержание его в рудной массе составляет около 3%, хотя непосредственно в телах асбестоносных апокарбонатных серпентинитов может достигать 30%. Асбест этих месторождений, несмотря на существенно низкую прочность, отличается малым содержанием железа, что обуславливает его использование преимущественно в электронной, электротехнической и приборостроительной промышленности. Еще совсем недавно маложелезистый хризотил-асбест апокарбонатных месторождений относился к разновидности стратегического сырья. С данным типом месторождений связано около 1,5% учтенных мировых запасов хризотил-асбеста. Наиболее известные месторождения – Аспагашское (Россия), а за рубежом – месторождения Аризоны (США), Трансваала (ЮАР), Укокское (Киргизия).

В общем случае для месторождений баженовского подтипа наиболее характерны первые пять из выше названных типов жилкования; для месторождений лабинского подтипа типичны одиночные жилы; для месторождений карачаевского и брединского подтипов – продольно-волокнистые жилы [11].

В настоящее время условия серпентинизации и асбестообразования трактуются по-разному, спорны вопросы об источниках гидротерм, механизме и способах возникновения жил и соответственно волокнистых разностей хризотила. Существующие гипотезы и точки зрения различных исследователей отражены в соответствующей литературе [5, 8, 11, 15, 16, 31, 32].

Месторождения амфиболовых асбестов, как уже отмечалось, имеют подчиненное промышленное значение и изучены недостаточно полно. Большинство исследователей относит их к гидротермальным образованиям различных температур и фаций глубинности [10, 11, 20, 22, 23, 28, 29]. Наиболее известной для месторождений амфибол-асбестов является классификация Ю.К. Андреева и И.И. Волчка [11], в основу которой в качестве главного признака положен петрографический состав горных пород, вмещающих оруждение, а в качестве второстепенного – минеральный состав асбестов. Выделяются следующие типы месторождений: 1) месторождения амфиболового асбеста, связанные с ультраосновными породами и их метаморфическими производными (включают сысерт-

ский, шиловско-анатольевский и абдул-касимовский подтипы); 2) месторождения, связанные с измененными вулканогенными породами (горбуновский и белореченский подтипы); 3) месторождения, связанные с железисто-кремнистыми метаморфическими породами (криворожский подтип); 4) месторождения, связанные со слабо измененными глинисто-долмитовыми породами (боливийский подтип).

Сысертский подтип месторождений в качестве полезного ископаемого содержит антофиллит-асбест. Месторождения приурочены к серпентинитам и тальк-карбонатным породам, сформировавшимся при метаморфизме ультрамафитов. Залежи руды имеют в большинстве случаев неправильную форму и крайне невыдержанные размеры, отличаясь постепенным переходом к вмещающим породам. Содержание волокна в рудах колеблется в пределах 0,4–17% (в среднем около 4–5%). Запасы асбеста оцениваются в десятки тысяч тонн. Типичным примером являются месторождения Сысертской антофиллит-асбестовой провинции на Урале.

Шиловско-анатольевский подтип месторождений в качестве полезного ископаемого содержит магнезиоарфведсонит-асбест. Месторождения приурочены к линзовидным зонального строения залежам тальково-хлоритово-карбонатных пород, образовавшихся при метасоматическом изменении углекислыми растворами апогарцбургитовых серпентинитов. Асбест встречается только на контакте тальк-карбонатных пород с карбонатизированными серпентинитами в виде узкой зоны до 0,5–1 м. Асбестизация залежей (в форме небольших жил, линз, гнездоподобных тел) носит неравномерный характер. Среднее содержание асбеста около 4–5%.

Месторождения абдул-касимовского подтипа (актинолит- и тремолит-асбестов) приурочены к зонам тальково-карбонатных пород в серпентинитах. Пространственно и генетически они тесно связаны с месторождениями талька и талькового камня. Участки асбестизации образуют зоны, размеры которых колеблются от нескольких метров до десятков и даже сотен метров по простиранию и при мощности в несколько метров. Содержание асбеста обычно невелико, а масштабы известных месторождений незначительны.

Асбестовые жилы (актинолит- и тремолит-асбестов) в месторождениях горбуновского подтипа залегают в метаморфизованных пироксеновых порфиритах и в образовавшихся по ним зеленых сланцах, слагающих мощные дайки или пластовые интрузии. Асбест ассоциируется с карбонатом, кварцем, полевыми шпатами, эпидотом и аксинитом и образует поперечно-, косо-, продольно- и спутанно-волокнистые агрегаты. Месторождения располагаются в областях древней складчатости и регионального метаморфизма (Зеленокаменный синклиниорий Урала, Кокчетавская глыба) и отличаются незначительными масштабами, хотя, по-видимому, районы их развития обширны.

Белореченский подтип месторождений актинолит-асбеста пространственно и, по-видимому, генетически связан с месторождениями горбуновского подтипа; встречается в колчеданных месторождениях, приуроченных к зеленокаменной формации Урала (Белореченское колчеданное месторождение). Жилы асбеста тяготеют к зонам дробления и тектонических подвижек в колчеданных линзах. Асбест обычно продольно-волокнистый и характеризуется высокой механической прочностью.

Криворожский подтип месторождений щелочного асбеста (крокидолит и магнийрибекитовый асбест) приурочен к железорудным свитам (например, Кривого Рога и Курской магнитной аномалии). Жилы асбеста тяготеют к сериям дизъюнктивных нарушений сбросо-сдвигового характера; образование их связывается с явлениями щелочного метасоматоза, вызванного гидротермальными растворами щелочных гранитов. Известные проявления асбеста, как правило, практического значения не имеют. Однако, именно с древними формациями железистых кварцитов связаны крупнейшие месторождения крокидолита Южной Африки и Западной Австралии, имеющие несколько иной характер.

Боливийский подтип месторождений в качестве полезного ископаемого содержит родусит-асбест. Месторождения данного подтипа предположительно термального генезиса и тяготеют к дислоцированным толщам пестроцветных глинисто-песчано-мергелистых

мелководных отложений лагунного типа. Мощность родуситоносных отложений для различных районов колеблется от 80–120 до 300–400 м, а мощность отдельных пачек – от 2–8 до 10–30 м. Родуситовая минерализация прослеживается во всей толще пестроцветных свит. Наиболее крупные месторождения родусит-асбеста известны в Боливии в провинции Чочобамба (в зарубежной практике это месторождение относят к крокидолитовому в силу существующей там коммерческой традиции).

В качестве самостоятельного подтипа иногда выделяют месторождения амфиболового асбеста, связанные с контактным воздействием гранитоидных интрузий на магнетиальные карбонатные породы в условиях малой глубинности. Примером таких месторождений служат Вангырское месторождение на Полярном Урале и некоторые асбестовые проявления Алданского района.

Асбестовые минералы достаточно широко распространены в природе и не ограничены только месторождениями асбеста. Как парагенетический минерал хризотил-асбест и некоторые другие разновидности асбестов присутствуют в тальковых залежах, в мыльном камне, вермикулите, в пиррофиллитовых рудах. Дж. Уотсон [30] указывает на присутствие амфиболовых асбестов в кристаллических сланцах и основных изверженных породах, подвергшихся гидротермальному метаморфизму, а также в полосчатых железистых кварцитах (крокидолит-асбест), образующих мощные стратиформные залежи, значительные по площади и широко распространенные в мире. Асбестовая минерализация типична для некоторых рудных месторождений, связанных с серпентинизированными породами, среди которых, например, хромитовые месторождения [13]. Хорошо известна связь актинолит-асбеста с колчеданными месторождениями. Выветривание и эрозионно-денудационные процессы, развитые в районах размещения месторождений талька, талькового камня, пиррофиллитовых, талькомагнезитовых, медноколчеданных и железных руд и некоторых других рудных и нерудных полезных ископаемых, обуславливают повышенную поставку асбестовых волокон в окружающую среду [34, 39, 43, 51]. В разных районах США известно около 360 месторождений и проявлений талька, отличающихся повышенным содержанием в рудах и рудовмещающих породах амфибол-асбестов [59]. В северных районах шт. Нью-Джерси (США) природными источниками асбестовых волокон являются докембрийские породы (мраморы), палеозойские серпентиниты и мезозойские базальты [47]. В частности, хризотил- и тремолит-асбесты в локальных концентрациях присутствуют в мраморах, а крокидолит-асбест локально распространен в докембрийских пегматитах и связанных с ними породах. Палеозойские серпентиниты в зонах деформирования содержат хризотил-асбест как основной компонент; в серпентинитах локально встречается амфибол-асбесты, в а мезозойских базальтах установлен актинолит-асбест. Все это определяет вероятность повышенного поступления асбестовых волокон в природные воды и, очевидно, в атмосферный воздух. Присутствие повышенных концентраций волокон амфиболового асбеста в воде оз. Верхнее связывают с влиянием расположенных на водосборе железорудных месторождений [45], а одним из источников поступления асбестового волокна в оз. Мичиган является эрозия береговых горных пород [49]. В шт. Калифорния (США) ультрамафические (серпентиновые) породы, содержащие асбестовые минералы, распространены в 44 из 58 округов штата [50]. В настоящее время в шт. Калифорния выявлено несколько районов, интенсивно загрязненных асбестом, поступающим из природных источников. Например, высокие содержания асбестовых минералов обнаружены в почвах селитебных территорий и парков в округах Сакраменто и Эльдorado [52, 54, 55]. В районе Эльдorado Хиллс, расположенном недалеко от Высшей школы г. Ок-Риджа, почвы селитебных территорий, включая спортивные площадки и места рекреации, обогащены асбестом, поступающим при выветривании пород [56]. Асбест в очень высоких концентрациях был обнаружен в атмосферном воздухе (доминировали амфибол-асбесты – в основном актинолит и тремолит, также присутствовали короткие волокна хризотил-асбеста). Следует отметить, что, как правило, многие природные асбестовые волокна короче, нежели волокна товарного асбеста, что снижает их токсикологическую опасность. В провинции Алес-

сандрия (юг Пьемонта, Италия), в районе Алта Вал Лемме, площадью примерно 20 км², где развиты сельское хозяйство и туризм, распространены серпентиниты, содержащие асбестовые минералы, что обуславливает присутствие асбестовых волокон в местных почвах и поверхностных водах [38]. Асбестовые волокна обнаружены в прибрежных россыпях тяжелых металлов, развитых вдоль Адриатического побережья [33]. В одном из районов Польши источником поставки асбестовых частиц в атмосферу являлись разрабатываемые залежи дорожного камня [62].

Хорошим примером является р. Свифт, которая начинается в горах Сумас, дренирует площадь около 3 кв. миль в районе г. Эверсон (округ Уатком, северо-запад шт. Вашингтон, США) и впадает в р. Сумас [48, 57]. В этом районе основным природным источником асбеста является массив серпентинитовых пород, расположенный в горах Сумас. В результате эрозионно-денудационных процессов с массива выносятся материал, содержащий асбестовые минералы. В 1930-х гг. в горах Сумас произошел большой обвал серпентинитовых пород, тело которого является дополнительным и существенным источником поступления (особенно во время дождей и таяния снега) в р. Свифт осадочного материала, обогащенного асбестом. Авторы делают вывод о потенциальном риске для окружающей среды и человека присутствующих в речных водах и отложениях, в том числе в дражном материале, асбестовых волокон (табл. 5).

Таблица 5

Потенциальные пути воздействия асбестовых волокон, содержащихся в отложениях р. Свифт [48] *

Источник	Механизм	Рецепторы (получатели)
Дражный материал	Поднятая ветром пыль из отвалов	Местные жители
Отложения реки и дражный материал	Пыление насыпей из-за движения машин	Операторы машин, местные жители
Планировка жилых территорий и дорог	Пыль во дворах, где отложения использовались для засыпки	Местные жители
Комнатная пыль	Пыль из отвалов; пыль, принесенная из отложений, использованных для отсыпки дорог или жилых территорий	Местные жители
Поля	Пахота и земляные работы в местах размещения дражного материала	Сельскохозяйственные рабочие, местные жители
Активное драгирование	Периодическое драгирование реки	Рабочие драг, местные жители
Аккумуляция отложений вниз по течению	Транспорт осадочного материала водным потоком и его поступление на пойму	Проживающие ниже по течению жители
Ирригация на расположенных ниже участках	Использование речных вод для орошения полей	Сельскохозяйственные рабочие

* Основной способ воздействий – ингаляционный; основной путь воздействия – атмосферный воздух.

Месторождения асбеста зарубежных стран

Месторождения асбеста известны во многих странах мира [2–4, 6, 8, 10, 12, 17–19, 25, 27, 28, 60, 61]. Так, в Австралии обнаружены месторождения практически всех разновидностей асбеста, а наиболее крупные (хризотил-асбеста) – приурочены к серпентинитам шт. Новый Южный Уэльс (Барраба, Шерлок, Асбестос-Пойнт и др.). Незначительные месторождения хризотил- и актинолит-асбестов найдены в Новой Зеландии и на некоторых островах Полинезии.

В Азии асбестовые месторождения и проявления известны в Азербайджане (серпентиниты Лысогорского перевала), Армении (Севанский гипербазитовый пояс), Афганистане (встречаются во многих районах, прогнозные запасы оцениваются более чем в 1550 тыс. т), Грузии (небольшие проявления), Индии (довольно крупные месторождения в штатах Андхра-Прадеш, Мадрас, Бихар, Раджастхан, Карнатака, Майсур; еще недавно в стране функционировало около 200 асбестовых рудников), Иране, Ираке (на севере страны,

производство асбестоцементных труб в г. Киркук), Казахстане (известны многочисленные, достаточно крупные месторождения всех видов асбеста, среди которых выделяется Джетыгаринское месторождение хризотил-асбеста в Кустанайской области, в свое время второе по величине в СССР), Киргизии (небольшие, но довольно многочисленные месторождения хризотил-асбеста, в меньшей степени распространены проявления амфиболового асбеста), Китае (асбестовые месторождения известны, по крайней мере, с первых веков нашей эры; основные проявления и месторождения расположены в полосе, протягивающейся от прибрежных районов пров. Ляонин через Внутреннюю Монголию на север до юго-западного Китая; функционирует несколько крупных горнодобывающих предприятий), Монголии (известны небольшие месторождения хризотил-асбеста, связанные с гипербазитовыми массивами), Таджикистане (Северо-Памирская и Южно-Памирская зоны), Турции (известно около 30 месторождений асбеста, расположенных в различных районах страны), Узбекистане (небольшие месторождения хризотил-асбеста и мелкие проявления амфиболового асбеста), Филиппинах (крупное разрабатываемое месторождение хризотил-асбеста в пров. Пангасинан – Агилар, а также ряд мелких месторождений амфиболового асбеста), Северной Корее, Южной Корее (в 1970–1983 гг. добыча и производство асбеста в стране увеличились почти в 10 раз), Японии (ресурсы известных 10 месторождений оцениваются в 1500 тыс. т), Тайване. Небольшие месторождения и проявления асбеста известны на островах между Индийским и Тихим океанами.

В Африке месторождения и проявления асбеста обнаружены в Ботсване (юго-восток страны), Замбии (район г. Лусаки), Зимбабве (один из ведущих мировых производителей хризотилового асбеста, особенно известны месторождения Шабани и Машаба), Египте (небольшие месторождения и проявления антофиллит-асбеста, известные, видимо, с давних пор), Кении (месторождение Киньики), Марокко (месторождение Агбар), Мозамбике (антофиллит-асбест в месторождениях группы Мавита), Нигерии (месторождение Чафе), Свазиленде (знаменитый рудник Хэвлок, приуроченный к серпентинитовой полосе Восточного Трансваала), Судане (запасы до 16 млн. т), Танзании, Намибии, Уганде, Эфиопии (в Абиссинии), на острове Мадагаскар, в ЮАР (имеются месторождения всех основных промышленных разновидностей асбеста, в свое время по добыче амосита и крокидолита стране принадлежало ведущее место в мире).

В Европе месторождения асбеста есть в Австрии (Тироль, Зальцбург, Штирия), Албании (во Внутренних Албанидах), Болгарии, Германии (Бавария), Греции (крупнейшее и наиболее важное месторождение Зинданион, известные, в том числе с античных времен, месторождения асбеста и в других районах страны), Испании (амфиболовый асбест), Италии (в свое время один из европейских центров добычи и производства асбеста; наиболее крупные месторождения расположены близ г. Сан-Витторе), Кипре (древнейший производитель асбеста; асбест здесь ассоциируется главным образом с серпентинитами плутонического комплекса Троодос), Португалии, Польше (небольшие месторождения и проявления, связанные с серпентинитами Нижней Силезии и древними сланцами Качавских гор), Румынии (месторождение Эйбенталь в Банате), Словакии, Украине, Финляндии (месторождение антофиллит-асбеста в Паккиле), Франции (небольшие месторождения актинолит-тремолитового асбеста в Альпах, Пиринеях, Савойе, на о. Корсика, хризотил-асбеста – в Верхних Альпах и на о. Корсика), Чехии (Чешский массив), Швейцарии (контон Граубюнден, хризотил-асбест), Швеции (антофиллит-асбест в Чеукискеро), в быв. Югославии (многочисленные небольшие месторождения и проявления в разных районах).

В Северной Америке крупнейшие месторождения мира расположены в Канаде (хризотил-асбест, пров. Квебек, до недавних пор основными асбестодобывающими центрами являлись Асбестос, Колрейн, Блек-Лейк, Тетфорд, Майнз, Робертстон, Ист-Брутон; месторождения хризотилового и других асбестов расположены в пров. Ньюфаундленд, Британской Колумбия, Онтарио, Западном Квебек) (см. рис. 1). Достаточно крупные месторождения хризотил-асбеста известны в США, в основном сосредоточенные на западе (Кордильеры) и на востоке (Аппалачи) страны. Месторождения хризотилового и амфибо-

лового асбестов имеются в других районах; в стране известно крупное месторождение маложелезистого длинноволокнистого хризотил-асбеста (шт. Аризона). Незначительные месторождения и проявления асбеста установлена на Кубе (хризотил-асбест) и в Мексике (антофиллит- и тремолит-асбесты).

В Южной Америке месторождения асбеста найдены в Аргентине, Боливии (крокидолит-асбест, запасы 70 тыс. т), Бразилии (более 80% всех запасов в Юж. Америке), Венесуэле (серпентиниты Карибских Анд), Колумбии (месторождение Лас-Брисас и др.), Чили, Уругвае.

Российские месторождения асбеста

В пределах быв. СССР выделяется несколько крупных асбестоносных провинций (рис. 3). К настоящему времени значительная часть месторождений асбеста, приуроченных к этим провинциям, достаточно детально разведана, изучена и описаны в многочисленных работах [1, 7, 8, 11, 14, 16, 20–23, 25, 28, 32]. В месторождениях России сосредоточено свыше 70% запасов асбеста СССР; в свое время ей принадлежало около 60% общесоюзной добычи этого минерала, а Советский Союз, начиная с 1958 г., прочно занимал первое место в мире по добыче и производству асбестового волокна.



Рис. 3. Асбестоносные провинции на территории быв. СССР [20]: I – Карело-Кольская, II – Карпатская, III – Украинского щита, IV – Воронежского щита, V – Уральская, VI – Большого Кавказа, VII – Малого Кавказа, VIII – Казахская, IX – Памиро-Гяньшаньская, X – Алтае-Саянская, XI – Байкльская, XII – Становая, XIII – Амуро-Охотская, XIV – Ханкайско-Буреинская, XV – Сихотэ-Алинская, XVI – Камчатско-Сахалинская, XVII – Алазейско-Чукотская.

Российские месторождения и проявления асбеста, которых известно несколько сотен, представлены различными генетическими и минералогическими типами, но наибольшее промышленное значение имеют месторождения хризотил-асбеста, самые крупные месторождения которого связаны с гипербазитами и расположены на Среднем Урале (Баженовское), Южном Урале (Киембайское), в Туве (Актовратское), Восточном Саяне (Ильчирское, Молодежное). Среди месторождений маложелезистого хризотил-асбеста, связанных с доломитизированными известняками, крупнейшим является Аспагашское ме-

сторождение (Красноярский край). Наиболее крупные залежи амфиболовых асбестов (антофиллит-асбеста) сосредоточены в месторождениях Сысертской группы на Урале. Подавляющая часть асбеста долгое время добывалась на одном из наиболее крупнейших в мире Баженовском месторождении.

Месторождения хризотил-асбеста

Важнейшим асбестоносным и основным асбестодобывающим районом России является Урал, где большинство месторождений и проявлений хризотил-асбеста связано с серпентинитами и серпентинизированными гипербазитами и относится к классу гидротермальных месторождений (Баженовское, Алапаевское, Лесное, Красноуральское, Режевское, Таловское и др.). К месторождениям контактово-метасоматического типа принадлежат проявления хризотил-асбеста в доломитизированных известняках западного склона Урала, широко распространенные на Полярном Урале (Вангырское, Сураизское, Скалистое и др.). Практически все промышленно значимые месторождения хризотил-асбеста, известные на Урале, принадлежат к баженовскому подтипу. Минерализация лабинского подтипа изредка встречается в месторождениях баженовского подтипа и иногда образует небольшие самостоятельные месторождения (например, Устейское). Еще реже встречаются месторождения карачаевского подтипа (Мойвинское).

Баженовское месторождение хризотил-асбеста является главной сырьевой базой асбестовой промышленности нашей страны. Расположено оно в Асбестовском районе Свердловской области на водораздельной гряде, отделяющей бассейн р. Пышмы от бассейна левого притока ее – р. Бол. Рефт, и приурочено к одноименной интрузии гипербазитов, вытянутой в меридиональном направлении на 30 км при ширине до 3,5 км (рис. 4). Указанная интрузия является частью восточной полосы габбро-перидотитовых интрузий Среднего Урала, которая протягивается в близком к меридиональному направлению на протяжении примерно 180 км вдоль Асбестовского синклиория в западном крыле Восточно-Уральского прогиба. В состав полосы входят (с севера на юг): Алапаевский, Останинский, Режевский, Мало-Рефтинский, Малышевский и Баженовский массивы. Ультраосновные породы последнего представлены перидотитами, пироксенитами и возникшими за их счет серпентинитами и другими метаморфическими производными. Все промышленные залежи асбеста приурочены к перидотитам и апоперидотитовым серпентинитам. В пироксенитах и апопироксенитовых серпентинитах известны лишь непромышленные асбестопроявления. За пределами массива ультраосновных пород асбестовые жилы вообще не встречены, а внутри массива среди жильных пород кислого или основного состава обнаруживаются крайне редко. Залежи хризотил-асбеста в Баженовском районе обнаруживают отчетливую пространственную связь с разломами и зонами разломов. В рудном поле центральной части массива отчетливо выделяются три широкие меридиональные полосы ультраосновных пород – Восточная, Главная и Западная асбестоносные площади. В Главной полосе сосредоточено подавляющее большинство наиболее важных в промышленном отношении асбестовых залежей (рудных тел). На месторождении выявлено 34 залежи асбеста. Асбестоносность прослежена до глубины 1000 м. Разведанные запасы асбестовой руды на 1986 г. оценивались в 3 млрд. т; запасы асбестового волокна в 40,2 млн. т; среднее содержание его в рудах составляет 2,6% (1–6 сорта). Месторождение разрабатывается с 1889 г.

К Алапаевской группе месторождений хризотил-асбеста относятся собственно Алапаевское (Курмановское) месторождение с многочисленными разрозненными залежами, месторождение Лесное и ряд мелких асбестопроявлений. Они расположены в центральной и северной частях Алапаевского габбро-перидотитового массива, в 25 км к юго-западу от г. Алапаевска Свердловской области. Вблизи Алапаевского месторождения находится пос. Асбестовский. Месторождение было открыто местными жителями в 1906 г. и эксплуатировалось с 1907 г. по 1962 г. Среднее содержание асбеста в рудной массе (в основ-

ходится в Миасском районе Челябинской области. Оно разрабатывалось еще в 1908–1910 гг., однако из-за нерентабельности дальнейшая эксплуатация была прекращена. В средней части Таловского массива в 7 км к северу от Таловского месторождения известно месторождение хризотил-асбеста горы Карымка, где преобладает мелкосетчатый тип асбестонности при среднем содержании асбеста в рудах 1,55%.

В пределах Южного Урала известен еще целый ряд, в основном мелких, месторождений и проявлений асбеста. По структурному положению они подразделяются на две группы, одна из которых приурочена к гипербазитовым поясам, тяготеющим к зоне Урала, другая – к Восточно-Уральскому синклинию и Верхне-Тобольскому прогибу. В северо-восточной части Магнитогорского прогиба расположены Беловское и Куликовское асбестопроявления. Абзаковское месторождение (Башкирия) приурочено к серпентинитам; в 1905–1917 гг. оно разрабатывалось. Среди других месторождений можно отметить Актушевское (общие запасы преимущественно низкосортного асбеста составляют 0,5 млн. т), Янтыкбашское, Уразовское, Псянгинское (эксплуатировалось в 1907–1911 гг.), Успенское, Брединское, Аккаргинское, а также многочисленные асбестопроявления (Сухой-Узян, Кухтарское, Халиловское, Ишкинское, Аккермановское и др.). Имеются проявления продольно-волокнистого асбеста карачаевского подтипа в Оренбургской области (Ишкильдинское) и в Челябинской области (Чебаркульское).

Крупным асбестоносным районом России являются Тува и Западный Саян. Подавляющее большинство месторождений хризотил-асбеста здесь связано пространственно и генетически с интрузиями серпентинизированных ультраосновных пород, образующими несколько гипербазитовых поясов. Самое крупное месторождение – Актотракское – приурочено к одноименному массиву гипербазитов, залегающему среди эффузивно-осадочной толщи кембрия и входящему в Западно-Тувинский гипербазитовый пояс. Это месторождение, по-видимому, было известно местным жителям еще в XIX в. Морфология асбестовых залежей типична для месторождений баженовского подтипа, а по своим физико-химическим свойствам волокно Актотракского месторождения не уступает Баженовскому. Запасы асбеста на месторождении оцениваются в более чем 2 млн. т. Активная промышленная эксплуатация месторождения началась в 1964 г.

В пределах Западно-Тувинского гипербазитового пояса обнаружено еще несколько месторождений и проявлений хризотил-асбеста, наиболее интересным из которых является открытое в 1948 г. Кедровское (Мало-Аянчатинское) месторождение, приуроченное к восточной оконечности Кодейского массива гипербазитов. Морфология асбестоносных зон, их строение и распределение в них жил асбеста те же, что и на Актотракском месторождении. Хризотил-асбест образует жилки поперечно-волокнистого строения с длиной волокна от долей мм до 50–60 мм. По качеству волокно не уступает актотракскому.

По перспективности на хризотил-асбест вслед за гипербазитовыми интрузиями Западно-Тувинского пояса стоят гипербазитовые интрузии Южно-Тувинского пояса, общая длина которого составляет 100 км. В его пределах известно довольно крупное Кускунугское месторождение, представляющее промышленный интерес. Все остальные проявления хризотил-асбеста, известные в пределах этого пояса, значительно уступают по масштабам оруденения этому месторождению (асбестопроявления в гипербазитах Агардаг-Тайги, Карашат, Сольджер, Улор и др.). Наименее перспективны в отношении асбестонности интрузии гипербазитов Каахемского и Восточно-Тувинского поясов, в пределах которых лишь в некоторых районах отмечены признаки асбеста.

Массивы ультраосновных пород в Западном Саяне слагают два крупных пояса, северный из которых известен как Западно-Саянский (Борусский), а южный – как Куртушубинский. В Борусском гипербазитовом массиве выявлен ряд месторождений и проявлений асбеста. Среди них наиболее значительным является Енисейское месторождение, включающее 4 линзовидных рудных тела с ориентировочными запасами асбеста в 185 тыс. т. В пределах Куртушубинского хребта также обнаружены многочисленные проявления хризотил-асбеста (Иджимское, Каратинское, Ашпанское и др.).

Следующими по своей асбестоносности регионами России, по-видимому, являются Восточный Саян и Забайкалье. Наиболее известное из расположенных здесь месторождений – Ильчирское (Окинский район Бурятии; открыто в 1835 г.), которое разрабатывалось в 1905–1919 гг. Оно приурочено к Ильчирскому перидотито-серпентинитовому массиву, имеющему длину более 2 км и ширину около 1 км. Асбестоносность прослеживается до глубины 400 м. Месторождение – баженовского подтипа, а по качеству руды и асбеста не отличается от него.

Саянская перидотито-серпентинитовая полоса гипербазитов, являясь частью крупнейшего Монголо-Саяно-Алтайского пояса, в целом характеризуется многочисленными проявлениями хризотил-асбеста, особенно в пределах Остинско-Китойского массива. Известны два месторождения – Самартинское (в 15 км к северу-востоку от Ильчирского) и Боксонское (в 65–70 км к западу от Ильчирского), считающиеся в промышленном отношении перспективными. Самартинское месторождение и Арлык-Гольское проявление образуют вместе с Ильчирским месторождением так называемый Ильчирский асбестоносный район Восточного Саяна.

На северном склоне Южно-Муйского хребта в Баунтовском районе Бурятии расположено Молодежное месторождение хризотил-асбеста, открытое в конце 1950-х гг. Оно приурочено к одноименному массиву гипербазитов. Руды этого месторождения отличаются исключительно высоким, даже уникальным содержанием текстильных сортов асбеста. Несколько асбестопроявлений обнаружено в пределах Северо-Муйского хребта.

В отношении асбестоносности другие регионы азиатской части России изучены менее детально. Тем не менее, по имеющимся данным, многие из них достаточно перспективны по хризотил-асбесту. Так, в Кузнецком Алатау известен ряд проявлений, приуроченных к отдельным гипербазитовым массивам (Федеровское, Северное и Николкинское в Кемеровской области). С ультраосновными породами Салаира связаны асбестопроявления (Уксунайское и др.) и небольшие месторождения (Мартыновское, Шалапское). В пределах Горного Алтая установлены мелкие месторождения (Казнахтинское в верховьях р. Катунь) и проявления хризотил-асбеста. Кроме того, небольшие месторождения и проявления этого асбеста, связанные с гипербазитами, известны в Приморье (в районе хребта Синего) и на Северо-Востоке (Анадыро-Пенжинский, Корякский и Камчатский гипербазитовые пояса).

В настоящее время на Кавказе не выявлено крупных месторождений хризотил-асбеста. Тем не менее именно на примере расположенных здесь небольших месторождений в свое время было выявлено два подтипа их, связанных с гипербазитами – лабинский (по Лабинскому месторождению в Беденском массиве) и Карачаевское (месторождение Шаман-Беклеген в верховьях р. Кубани). Лабинское месторождение находится в Псебайском районе Краснодарского края. Оно известно примерно с 1913 г.; в 1930–1932 гг. здесь производилась опытная эксплуатация асбеста. Карачаевское (Шаман-Беклегенское) месторождение расположено в самых верховьях реки Кубани. Хризотил-асбест в жилах ассоциируется с немалитом, образуя с ним тесные сростания. Длина волокна достигает 7 см, но обычно значительно меньше. Запасы асбеста оцениваются в 30 тыс. т. В начале 1930-х гг. здесь проводилась пробная разработка месторождения, показавшая его перспективность. Наряду с указанными месторождениями в гипербазитах зоны Передового хребта Большого Кавказа известен целый ряд проявлений хризотил-асбеста, которые не представляют промышленного интереса (Белореченское, Бзыш, Анерота, Малкинское и др.).

В пределах Северо-запада России установлены мелкие непромышленные месторождения и проявления хризотил-асбеста в четырех районах: в Печенгском районе Мурманской области; в пределах Ветреного пояса (запад Архангельской области и часть Карелии); в Восточной и Юго-Западной Карелии, где асбест приурочен к серпентинитам, залегающим среди метаморфизованных осадочно-эффузивных образований протерозоя. Печенгское месторождение связано пространственно и генетически с никеленосными ультраосновными интрузиями. Оно считается малоперспективным. Запасы волокна до глуби-

ны 50–100 м оцениваются в тысячи, в лучшем случае в десятки тысяч тонн. Весь асбест ломкий и полулумкий. Особый интерес (с эколого-гигиенических позиций) могут представлять асбестопроявления Ветреного пояса, разбросанные на площади 200 x 40 км, т. е. примерно на территории в 8000 км².

Контактово-метасоматические месторождения хризотил-асбеста в осадочных магнетитово-карбонатных породах имеют существенно меньшее промышленное значение и представляют главным образом интерес как источники маложелезистого асбеста. Среди них наиболее известно Аспагашское месторождение, расположенное на Асбестовой горке в южной части Минусинской котловины (Красноярский край). Это самое крупное и наиболее изученное месторождение подобного типа в России. В 1907–1914 гг. оно разрабатывалось иностранными предпринимателями. В последующем эксплуатировалось в 1923–1931 гг., а также в 1933 г. Запасы хризотил-асбеста здесь составляют не менее 38 тыс. т.

Месторождения, подобные Аспагашскому, известны также в периферийной восточной части Кузнецкого Алатау и расположены в кембрийских карбонатных отложениях, прорванных гранитоидами и дайками спессартитов и диабазов (Бистагское, которое разрабатывалось в начале века, Биджанское, Уйбатское). Они отличаются незначительными масштабами оруденения. Асбестопроявления подобного типа обнаружены в Алтае-Саянской области (Батеневский кряж), в Туве (р. Байсут), на Полярном и Приполярном Урале. Среди уральских – месторождения ручья Ош-Кьян-Шор (хризотил- и тремолит-асбесты), Вагырское (то же самое) и др. Проявления маложелезистого хризотил-асбеста открыты на Дальнем Востоке в Приморье (хр. Синий), в Еврейской автономной области (карбонаты Розовых Скал), на Алдане (метаморфизованные карбонатные породы архея), а также в Восточном Саяне в районе Олотского талькового месторождения и на Среднем Урале в районе Медведевского месторождения офикальцитов.

Месторождения амфиболовых асбестов

Наиболее крупные месторождения антофиллит-асбеста расположены на Урале, среди которых К.К. Золоев [8] различает два генетических типа. Первый тип – собственно метаморфогенно-метасоматический – связан с вторичными оливин-энстатитовыми и энстатитовыми породами. Рудные тела данного типа месторождений имеют небольшие размеры, лентообразную, линзовидную и гнездообразную форму и зональное строение. К этому типу относятся большинство Сысертских месторождений, Савекульское, Бугетысайское и др. Второй тип месторождений и проявлений антофиллит-асбеста представлен контактово-реакционными образованиями в метаморфизованных гипербазитах на границе их с силикатными породами кислого состава. Асбест присутствует здесь в виде вкрапленности спутанно-волокнистых и звездчатых масс, иногда мощных жил продольно- и поперечно-волокнистого строения. В ассоциации с антофиллит-асбестом нередко встречается тремолит-асбест. Промышленного значения они не имеют. Помимо самостоятельных проявлений (Мурзинское, Алабашевское, Кочневское и др.), месторождения встречаются в породах околодайкового изменения в Сысертском районе.

Сысертская группа месторождения антофиллит-асбеста представляет собой меридионально вытянутую полосу длиной 48 км и шириной до 28 км. Собственно Сысертское месторождение расположено среди гранитного массива в 20 км к западу от г. Сысерть. В пределах указанной полосы известно 8 месторождений и 49 проявлений антофиллит-асбеста. Асбестоносными являются антофиллит-талк-магнезитовые породы. Считается, что весь Сысертско-Ильменский мегантиклинорий перспективен на антофиллит-асбест. Савекульское месторождение антофиллит-асбеста расположено в северо-западной части Ильменского заповедника. Асбест приурочен к линзовидным залежам ультраосновных пород. В 50 км от г. Миаса находится Кочневское месторождение (разрабатывалось в 1920-х гг)..

Среди уральских месторождений тремолит-актинолитовых асбестов Ю.С. Соловьев (1958) выделяет 4 основных группы:

1) Месторождения в зеленокаменной полосе Урала, связанные с дайками пироксеновых порфириров. Наиболее типичным является Горбуновское месторождение. Аналогичные асбестопроявления известны в эффузивах Северного, Среднего и Южного Урала.

2) Месторождения в трещинах медно-колчеданных руд, залегающие в сланцах и альбитофитах (например, в Белореченском медно-колчеданном месторождении, а также в некоторых других).

3) Месторождения в оталькованных серпентинитах и тальк-карбонатных породах, например, Абдул-Касимовское месторождение в Башкирии. Подобные месторождения и проявления известны на Среднем и Южном Урале.

4) Месторождения в мраморизованных, доломитизированных и мергелистых известняках и тальк-хлоритовых сланцах в Приполярном Урале (Вангырское месторождение), а также проявления в Башкирии, где развиты жилы с продольно- и косоволокнистым асбестом. Кроме того, месторождения данного типа широко распространены в ультраосновных массивах Урала (Коркодинское, Черемшанское, Верхне-Тагильское и др.), но промышленного значения они не имеют.

На Урале встречены проявления крокидолит-асбеста, приуроченные к сиенит-эгириновым пегматитам среди сиенитовых гнейсов Ильменского кристаллического комплекса (Карабалыкское асбестопроявление). Асбестовая минерализация, сходная с крокидолитом, обнаружена также в районе р. Мойвы (минерал чернышеевит, представляющий собой волокнистую разновидность рибекита, который находят и в оталькованных железистых кварцитах на Нижне-Чувальском железорудном месторождении). Аналогом этих асбестопроявлений является Мезенское в Республике Коми. На Среднем Урале (в пределах Тагило-Невьянского и Алапаевского гипербазитовых массивов) известны магнезиоарфведсонитовые асбестоподобные образования.

В Карело-Кольском регионе проявления антофиллит-асбеста обнаружены в серпентинитовом поясе Кольского полуострова и в ультраосновных щелочных породах массива Лесная Варака (вкрапленный асбест сысертского подтипа). В Карелии антофиллит-асбест установлен как в валунах, так и в коренном обнажении в небольших сильно метаморфизованных ультраосновных телах, залегающих в гнейсах. Проявления актинолит- и тремолит-асбестов известны на Кольском полуострове в районах развития ультраосновных пород, а в Карелии – в областях распространения шунгитовых сланцев и диабазовой формации. Есть сведения о наличии на Кольском полуострове проявлений родусит-асбеста.

В пределах Воронежского кристаллического щита асбест-амфиболовая минерализация (Mg-крокидолит и железистый куммингтонит-асбест) связана с железорудной формацией (железистыми кварцитами курской серии). Асбест в основном имеет минералогическое значение, однако проявлен на значительной площади (некоторые специалисты выделяют Криворожско-Курская асбестоносную провинцию).

Месторождения тремолит-актинолитового асбеста известны на Кавказе, главным образом, в пределах зоны Передового хребта, в меньшей степени – в зоне Главного хребта. Наиболее крупным является Кизыльчукское месторождение, приуроченное к ультраосновным породам, залегающим на водоразделе рек Кизыльчук и Большой Зеленчук. Асбестоносность связаны с карбонатизированными и рассланцеванными серпентинитами, тальково-хлоритово-карбонатными породами и листовниками. К вулканогенной толще Передового хребта приурочен еще ряд небольших месторождений актинолит-асбеста (Хачавитая, Краснореченское, Власейчихинское).

В Алтае-Саянском регионе обнаружены незначительные месторождения и проявления актинолит-асбеста и тремолит-асбеста, связанные как с ультраосновными, так и с вулканогенными породами. К первым относятся незначительные проявления в Салаирском кряже, в Сольджерской группе массивов Южно-Тувинского пояса, в отдельных массивах

Китойско-Окинского пояса. Месторождения в вулканогенных породах известны в пределах Чарышо-Теректинской зоны (в бассейне р. Катунь).

В ультрабазитовых массивах Саяна и в эгириновых сиенитах Бурятии (южный склон хр. Хамар-Дабан) найдены проявления крокидолит-асбеста. В юго-восточной части Тувы к ультраосновному массиву приурочено Сольджерское месторождение антофиллит-асбеста, а в Тункинской долине Бурятии на границе известняков с гранитами известны проявления антофиллит-асбеста.

Асбестовая минерализация тремолит-актинолитового ряда достаточно широко развита в авгитовых сиенитах и в скарнированных карбонатных породах Алдана. Именно в этом районе в свое время был впервые обнаружен рихтерит-асбест, пополнивший список известных минералогических разновидностей амфиболовых асбестов.

Месторождения и проявления родусит-асбеста обнаружены в некоторых районах Сибири, а также в бассейне реки Камы, где они приурочены к осадочным или метаморфическим породам. Асбест встречается в виде жил и вкрапленников до 1 см. Подавляющая часть месторождений и проявлений амфиболовых асбестов России изучена недостаточно полно.

Заключение

Асбестоносные площади и горные породы, содержащие асбестовые минералы, достаточно широко распространены в природе. Это определяет тот факт, что волокнистые минеральные частицы естественного происхождения в той или иной мере практически постоянно присутствуют в окружающей среде. В глобальном масштабе природная поставка асбеста в окружающую среду, судя по всему, существенно превышает его поступление от антропогенных источников. Значимость природных источников особенно велика в пределах асбестоносных площадей (провинций, областей, зон, полей), где широко распространены асбестсодержащие породы и размещены месторождения асбеста, разрушение которых выветриванием и эрозионно-денудационными процессами обуславливает повышенную поставку асбестовых волокон в окружающую среду. В пределах таких территорий у основного населения не исключено развитие различных заболеваний, связанных с естественным высоким уровнем асбестовых волокон в окружающей среде. Необходимы специальные исследования, направленные на выявление асбестовых биоминеральных провинций и оценку их эколого-гигиенической значимости.

Литература

1. *Андреев Ю.К.* Амфиболовые асбесты, их минералогия и промышленное использование // Геохимия, минералогия, петрография, 1962 г. – М.: ВИНТИ, 1964, с. 65–91.
2. *Бейтс Р.Л.* Геология неметаллических полезных ископаемых: Пер. с англ. – М.: Мир, 1965. – 546 с.
3. *Ведерников Н.Н., Полянин В.С., Романкевич И.Ф.* Минеральное сырье. Асбест: Справочник. – М.: Геоинформарк, 1999. – 40 с.
4. Горная энциклопедия, т. 1. – М.: Сов. энциклопедия, 1984. – 560 с.
5. *Еремеев В.П., Меренков Б.Я., Петров В.П. и др.* Хризотил-асбестовые месторождения как одна из форм контактового воздействия гранитоидов на ультраосновные породы // Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 31, с. 19–35.
6. *Еремин Н.И.* Неметаллические полезные ископаемые. – М.: Изд-во Московского университета, 2007. – 460 с.
7. Закономерности размещения полезных ископаемых, вып. VI. – М.: Изд-во АН СССР, 1962. – 688 с.

8. *Золоев К.К.* Месторождения хризотил-асбеста в гипербазитах складчатых областей. – М.: Недра, 1975. – 192 с.
9. *Золоев К.К., Полянин В.С., Аксенов Е.М. и др.* Прогнозная оценка территории СССР на хризотил- и антофиллит-асбест. – М.: ВИЭМС, 1983. – 38 с.
10. *Кужварт М.* Неметаллические полезные ископаемые: Пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 472 с.
11. Курс месторождений твердых полезных ископаемых. – Л.: Недра, 1975. – 631 с.
12. Курс минералогии. – Л.-М.: ОНТИ-НКТИ, 1936. – 1051 с.
13. Курс рудных месторождений. – М.: Недра, 1986. – 360 с.
14. *Мельников М.П.* Асбест и его разновидности в историческом, минералогическом, техническом и промышленном отношениях // Горный журнал, 1986, т. 2, № 4, с. 86–150, № 5, с. 305–333, № 6, с. 413–473.
15. *Меренков Б.Я.* Генезис хризотил-асбеста. – М.: Изд-во АН СССР, 1958. – 138 с.
16. Месторождения хризотил-асбеста СССР. – М.: Недра, 1967. – 512 с.
17. Минеральные месторождения Европы. Т. 1. Северо-Западная Европа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 583 с.
18. Минеральные месторождения Европы. Т. 3. Центральная Европа: Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 516 с.
19. Минеральные ресурсы мира (на начало 1994 г.). – М.: ВНИИзарубежгеология, 1995. – 575 с.
20. Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие. – М.: Недра, 1984. – 407 с.
21. Неметаллические полезные ископаемые гипербазитов. – М.: Наука, 1973. – 261 с.
22. *Петров В.П., Андреев Ю.К.* Минералогия асбеста и место амфибол-асбестов СССР в общей их классификации // Тр. ИГЕМ АН СССР, 1959, вып. 31, с. 5–18.
23. Промышленные типы месторождений неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1985. – 286 с.
24. *Ревелль П., Ревелль Ч.* Среда нашего обитания: В 4 кн.: Кн. 4. Здоровье и среда, в которой мы живем: Пер. с англ. – М.: Мир, 1995. – 191 с.
25. *Романович И.Ф.* Месторождения неметаллических полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 366 с.
26. Руководство по контролю качества питьевой воды. Том 2: Гигиенические критерии и другая релевантная информация. – М.: ВОЗ, 1987. – 325 с.
27. *Рыскин М.В.* Асбест в мировой экономике. – М.: Международные отношения, 1969. – 256 с.
28. *Соболев Н.Д.* Введение в асбестоведение. – М.: Недра, 1971. – 280 с.
29. *Соболева М.В.* Минералогия волокнистых минералов группы амфиболов и серпантина. – М.: Недра, 1972. – 252 с.
30. *Уотсон Дж.* Геология и человек: Пер. с англ. – Л.: Недра, 1986. – 184 с.
31. *Ферсман А.Е.* Исследования в области магнезиальных силикатов. Группа целирита, перматтита и палыгорскита // Зап. Академии наук по физ.-мат. отделению, т. 32, № 2. – СПб., 1913. – 430 с.
32. *Ферсман А.Е.* Избранные труды. Т. 1. – М.: Изд-во АН СССР, 1952. – 865 с.
33. *Янин Е.П.* Асбест в окружающей среде (введение в экологическое асбестоведение). – М.: ИМГРЭ, 1997. – 176 с.
34. *Янин Е.П.* Тальк в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты практического использования) // Экологическая экспертиза, 2004, № 4, с. 20–25.
35. *Янин Е.П.* Асбест и асбестосодержащие материалы: тотальный запрет или регулируемое использование? // Экологическая экспертиза, 2006, № 5, с. 26–43.
36. *Янин Е.П.* Асбест и человек (краткий исторический очерк) // Безопасность пыли минеральных волокон. – Москва – Пермь: НП «Базальтовые технологии», 2006, с. 96–164.

37. Янин Е.П. Асбест в водных объектах (источники поступления и особенности распределения) // Проблемы окружающей среды и природных ресурсов, 2008, № 11, с. 77–108.
38. Amato L., Carraro E., Ferrarotti M., Piccini C. Evaluation of the asbestos risk in the Alta Val Lemme areas (Piemonte – provincia di Alessandria) // International Conference on Asbestos monitoring and analytical methods. AMAM 2005, Venezia, 5–7 December 2005 // http://venus.unive.it/fall/Abstracts/Book_of_Abstract.pdf.
39. Asbestos in drinking-water. Background document for development of WHO *Guidelines for Drinking-water Quality* // www.WHO.int.
40. Birilkov T. Zur Kausalitat von Pleura-Plagues und asbestinduzierten Tumoren // *Wiss. und Umwelt.*, 1985, N 2, s. 146–148.
41. Bowes D.R., Langer A.M., Rohl A.N. Nature and range of mineral dusts in the environment // *Philos Trans. R. Soc.*, 1977, A286, p. 593–610.
42. Carter L.J. Asbestos: Trouble in the Air from Maryland Rock Quarry // *Science*, 1977, 197, July, p. 237.
43. Chrysotile Asbestos. Environmental Health Criteria 203. – Geneva: World Health Organization, 1998 // <http://www.inchem.org>.
44. Constantopoulos S.H., Goudevenos J.A., Saratzis N. et al. Metsovo lung: pleural calcification and restrictive lung function in northwestern Greece. Environmental exposure to mineral fiber as etiology // *Environ. Res.*, 1985, 38, № 2, p. 319–331.
45. Cook P.M., Glass G.E., Tucker J.H. Asbestiform amphibole minerals: detection and measurement of high concentrations in municipal Water Supplies // *Science*, 1974, v. 185, p. 853–855.
46. Cossette M., Delvaux P., VanHa T. et al. Physiological innocuity of asbestos in water // *Northeast Environ. Sci.*, 1986, v. 5, p. 54–62.
47. Germiné M., Puffer J.H. Distribution of asbestos in the bedrock of the northern New Jersey Area // *Environ. Geol.*, 1981, v. 3, p. 337–351.
48. Health consultation. Swift Creek sediment asbestos Whatcom County, Washington. US Department of Health and Human Services. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, March 31, 2006 // <http://www.atsdr.cdc.gov>.
49. Hesse C.S., Hallenbeck W.H. Potential sources asbestos in lake Michigan // *J. Great Lakes Res.*, 1978, 4, N 1, p. 57–61.
50. Limiting environmental exposure to asbestos in areas with naturally occurring asbestos // <http://www.atsdr.cdc.gov>.
51. Masson T.J., McKay F.M., Miller R.W. Asbestos-like fiber in Duluth water supply // *JAMA*, 1974, v. 228, p. 1019–1020.
52. Mineralogy and morphology of amphiboles observed in soil and rocks in El Dorado Hills, California. Prepared for U.S. Environmental Protection Agency Region 9 IAG DW1492190501-2. Open-File Report 2006-1362. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, 2006 // <http://minerals.usgs.gov>.
53. Naturally occurring asbestos. The Geological Society of Australia Inc. / Newsletter, № 141, December 2006 // www.gsa.org.au.
54. Raloff J. Dirty little secret // <http://www.sciencenews.org>.
55. Relative likelihood for the presence of naturally occurring asbestos in Eastern Sacramento County, California. Special report 192. Department of Conservation, California Geological Survey, 2006 // <http://www.conserv.ca.gov>.
56. Saldivar A., Soto V. Asbestos in the United States: Occurrences, Use and Control. ProQuest Discovery Guides. Released April 2008 // <http://www.csa.com/discoveryguides/discoveryguides-main.php>.
57. Summary Report of EPA Activities Swift Creek Asbestos Site Whatcom County, Washington. Report Prepared by Ecology and Environment, Inc. US EPA, February 2007 // <http://yosemite.epa.gov>.

58. *Van Gogen B.S.* Reported historic asbestos mines, historic asbestos prospects, and natural asbestos occurrences in the Eastern United states. US Geological Survey Open-File Report 2005-1189 // <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1189/pdf/Plate.pdf>.

59. *Van Gosen B.S., Lowers H.A., Sutley S.J., Gent C.A.* Using the geologic setting of talc deposits as an indicator of amphibole asbestos content // *Environ. Geology*, 2004, v. 45, p. 920–939.

60. *Virta R.L.* Mineral Commodity Profiles – Asbestos. Circular 1255-KK. – US Department of the Interior, US Geological Survey, 2005. – 56 p.

61. *Virta R.L.* Worldwide Asbestos Supply and Consumption Trend from 1900 through 2003. Circular 1298. – US Department of the Interior, US Geological Survey, 2006. – 80 p.

62. *Wozniak H., Wiecek E.* Azbest Polski i jego działanie zwłok-niające // *Med. pr.*, 1985,36, № 2, p. 96–104.