

**Д. Е. Латыпов**

**D. E. Latypov**

*danil-latypov-03@mail.ru*

**Г. В. Харина**

**G. V. Kharina**

*gvkharina32@yandex.ru*

ФГАОУ ВО «Российский государственный  
профессионально-педагогический университет», г. Екатеринбург  
Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg

**СОДЕРЖАНИЕ АСБЕСТОВОЛОКНА В ВОДЕ ВБЛИЗИ БАЖЕНОВСКОГО  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
CONTENT OF ASBESTOS FIBER IN THE WATER NEAR THE BAZHENOV  
DEPOSIT**

**Аннотация.** Работа посвящена изучению проблемы наличия асбестовых волокон в источниках воды рядом с Баженовским месторождением. Представлен анализ проб воды из различных источников. Указаны респирабельные и нереспирабельные частицы асбеста. Особое внимание уделено составу проб из водоотливов шахт вблизи карьера, реки Пещерка, водопроводной воды г. Асбеста, снега около фабрики обогащения асбеста. Дополнительно было проведено изучение водопроводной воды г. Екатеринбурга и дистиллированной воды. Предложено решение проблемы содержания асбеста в воде.

**Abstract.** The work is devoted to the study of the problem of the presence of asbestos fibers in water sources near the Bazhenov deposit. The analysis of water samples from various sources is presented. Respirable and non-respirable asbestos particles are indicated. Special attention is paid to the composition of samples from mine drains near the quarry, the Cave River, the Tap water of the city of Asbestos, snow near the asbestos enrichment factory. The problem of ash and slag dumps is noted. Additionally, the study of the tap water of Yekaterinburg and destilated water was carried out. A solution to the problem of asbestos content in water is proposed.

**Ключевые слова:** вода, асбест, Баженовское месторождение, анализ, тяжелые респирабельные и нереспирабельные частицы.

**Keywords:** water, asbestos, Bazhenov deposit, analysis, heavy respirable and non-respirable particles.

**Введение.** Асбест – это минерал, который был широко использован в прошлом в качестве строительного материала из-за своих уникальных свойств, таких как огнестойкость и прочность. Однако, в настоящее время известно, что асбест может быть опасен для

здоровья, поскольку его волокна могут вызывать различные заболевания легких. Поэтому мониторинг концентрации асбеста в окружающей среде является важной задачей для оценки рисков для здоровья людей и окружающей среды.

Существует множество видов асбеста. Из них следует выделить два вида: хризотил и амфибол.

Хризотил или белый асбест является наиболее часто встречающейся формой асбеста (95% всего асбеста в мире). Это мягкий волокнистый силикатный минерал из змеевидной подгруппы филлосиликатов; как таковой, он отличается от других асбестообразных минералов из группы амфиболов [9].

Амфибол-асбест — общее название тонковолокнистых минералов группы амфиболов, которые способны выдерживать, не изменяясь, высокие температуры. В отличие от хризотил-асбеста, нерастворимы или труднорастворимы в кислотах [3].

Асбест широко распространен в земной коре и попадает в окружающую среду из-за природных процессов и антропогенного воздействия. Его волокна можно найти в воздухе, почве и некоторых поверхностных водоисточниках. В 1971 году в Канаде было обнаружено наличие асбеста в водопроводной воде, что привело к проведению исследований в разных странах, чтобы выяснить его наличие в разных источниках. Концентрации варьировались от до 1012 волокон в 1 литре (вол/л) (предел обнаружения) в промышленных стоках до 10–13 вол/л воды, проходящей через асбестсодержащие породы [11]. Появилось предположение о том, что употребление воды, содержащей асбест, может привести к повышению частоты развития злокачественных новообразований желудочно-кишечного тракта. Однако многочисленные эпидемиологические исследования не подтвердили наличие связи между экспозицией асбеста и частотой развития онкопатологии органов пищеварения [2]. Асбест является опасным материалом, который может привести к различным заболеваниям легких и других органов при длительном воздействии на человека. Он был широко использован в прошлом в различных отраслях промышленности, таких как строительство, автомобильная и авиационная промышленность, но в настоящее время его использование ограничено в ряде стран.

До недавнего времени в России не проводились исследования на предмет наличия асбеста в водоисточниках несмотря на то, что в стране есть крупнейшая в мире сырьевая база этого материала. На территории России находятся все известные типы асбеста – хризотил и амфибол [8]. 14 предприятий России, занимающихся добычей и переработкой асбеста, являются градообразующими для городов и поселков с населением более 400 тысяч человек. Жители этих населенных пунктов могут потреблять воду, содержащую асбестовые волокна. Поэтому исследования, направленные на определение содержания асбеста в водоисточниках

в местах размещения предприятий, являются крайне актуальными. Тема проблемы асбеста питьевых водах должна быть изучена. В этой связи целью настоящей работы было изучение результатов исследования источников воды на предмет содержания в них асбеста.

**Основная часть.** В качестве объекта загрязнения было выбрано Баженовское месторождение хризотил-асбеста, разрабатываемое ОАО «Ураласбест» в Свердловской области. В работе [8, с. 7–13] представлены предварительные результаты анализа содержания асбеста в водоисточниках, расположенных в районе указанного месторождения.

Для исследования были отобраны пробы питьевой воды из городской водопроводной сети г. Асбеста, подземных вод в местах сброса водоотливных шахт асбестового карьера, поверхностных вод из безымянного родника и р. Пещерки в окрестностях города, забоя глубоких горизонтов карьера (отметка – 43 м), а также пробы снега из района фабрики обогащения асбеста. Анализ проб воды проводился в апреле, в период интенсивного таяния снега. Для сравнения были взяты пробы водопроводной воды Екатеринбурга и дистиллированной воды. Такие исследования необходимы для оценки экологической обстановки в районах добычи асбеста и выявления возможных рисков для здоровья человека и окружающей среды.

В ходе исследования было проведено 34 измерения концентрации волокон асбеста и 19 измерений дисперсного состава взвешенных частиц методом фазово-контрастной оптической микроскопии (ФКОМ) [5]. Также был изучен качественный состав 19 проб методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) [10]. В таблице 1 представлены результаты исследования [2].

Таблица 1. Результаты исследования проб воды на содержание асбестоволокна.

Счетные концентрации волокон асбеста (\*105 вол/л)

Источник	Число проб	Концентрация волокон								
		До 5 мкм			Более 5 мкм			всего		
		Мин.	Макс	Среднее	Мин.	Макс	Среднее	Мин.	Макс	Среднее
Забой глубоких горизонтов карьера (отметка –43 м)	3	Не обнаружены			0,196	0,441	0,319	0,196	0,441	0,319
Водоотлив шахты «Южная»	3	0,196	0,294	0,229	0,049	0,098	0,082	0,245	0,441	0,310
Водоотлив шахты «Северная»	4	0,147	0,392	0,245	0,000	0,049	0,025	0,147	0,392	0,270
Водоотлив шахты «Центральная»	3	0,715	0,753	0,734	0,245	0,260	0,255	0,960	1,013	0,989

Река Пещерка в окрестностях г. Асбеста	3	Не обнаружены			0,098	0,125	0,106	0,098	0,125	0,196
Родник в окрестностях г. Асбеста	3	0,147	0,196	0,172	0,098	0,147	0,123	0,246	0,343	0,294
Водопроводная вода г. Асбеста	6	Не определяли			2,700	4,800	3,433	Не определяли		
Водопроводная вода г. Екатеринбурга	3				0,159	0,220	0,184			
Снег около фабрики обогащения асбеста	3				7,200*	8,300*	7,750*			
Дистиллированная вода	3	Не обнаружены								

\* -  $10^6$  вол/л.

Было установлено, что все изученные водоисточники содержат волокнистые частицы, относящиеся к хризотил-асбесту. Асбесты амфиболовой группы, наиболее опасной для организма и не выводимой из организма, включая тремолит-асбест, не были обнаружены. Концентрации волокон асбеста варьировались в широких пределах (табл. 1). В пробах воды из водопроводной сети города Асбеста концентрации респираторных волокон превышают допустимые нормы. Респираторные волокна — это хризотил-волокна, диаметр которых менее 3 мкм, а отношение длины волокна к его диаметру более чем 3:1. Они опасны попаданием в нижние дыхательные пути. Кроме того, в пробах снега, отобранных около фабрики обогащения, концентрации асбеста были на порядок выше и колебались от  $7,200 \cdot 10^6$  до  $8,300 \cdot 10^6$  вол/л. В дистиллированной воде асбест не был обнаружен. Исследование показало, что волокнистые частицы, относящиеся к хризотил-асбесту, присутствуют во всех изученных водоисточниках.

После исследования состава взвешенных частиц в воде было установлено, что основная часть состоит из зернистых частиц размером до 5 мкм (табл. 2). Волокнистые частицы были обнаружены в незначительном количестве во всех исследованных источниках воды. В подземных водах из водоотливных шахт доля волокон составляла от 0,14% до 0,55% от общего числа частиц, а в поверхностных источниках (река Пещерка и родник в окрестностях города) — 0,19% и 0,26% соответственно. Только в забое на глубине 43 м была обнаружена доля волокнистых частиц, достигающая 0,94%. Содержание респираторной фракции волокон колебалось в широких пределах (табл. 2): в подземных источниках вода содержала

от 9,82% до 44,58% респирательных волокон, в поверхностных водах (забой на глубине 43 м и река Пещерка) — 100%, а в воде из родника — 41,55% [2].

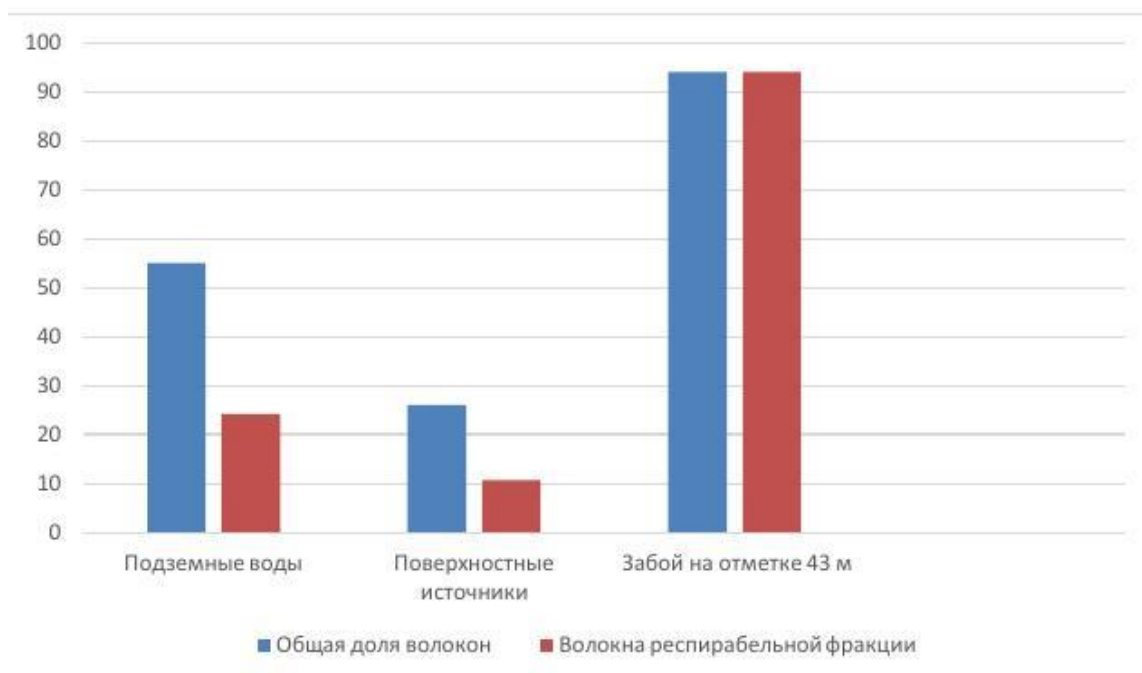


Рис. 1. Доли волокон асбеста в источниках воды

Результаты, представленные на рис. 1, свидетельствуют о высокой концентрации волокон асбеста в водных источниках. Особенно велика концентрация в подземных водах и в забое на отметке 43 м, где большая часть – это волокна респирательной фракции.

Баженовское месторождение хризотил-асбеста находится в массиве ультраосновных пород, таких как серпентиниты (плотные горные породы), перидотиты (крупнозернистые магматические горные породы), пироксены (цепочечные силикаты), дуниты (магматические plutonic горные породы) и другие [7]. С запада и севера месторождение ограничено габбро (магматическая plutonic горная порода основного состава, нормального ряда щелочности из семейства габброидов), а с востока и юго-востока – гранитами. Вдоль контакта массива с габбро и гранитами развиты мощные полосы серпентинитов и талько-карбонатных пород, объем которых может достигать 68%. Месторождение состоит из различных по размерам и формам залежей, содержащих различные типы асбестовых руд и имеющих различное содержание и фракционный состав хризотил-асбеста. Также в месторождении присутствуют блоки неасбестоносных пород. В таблице 2 приведен дисперсный состав каждого вида взвешенных частиц в процентах от общего числа частиц в водных объектах [2, с. 127–132].

Таблица 2. Дисперсный состав взвешенных частиц в водных источниках (% от общего числа)

Источник	Число	Частицы, мкм
----------	-------	--------------

	проб	Зернистые			Волокнистые								
		Всего	До 5	>5	Всего	До 5	5-9	10-19	20-29	30-39	40-49	Более 50	
Забой глубоких горизонтов карьера (отметка – 43 м)	3	99,06	96,27	1,73	0,94	–	49,8	15,74	20,37	7,41	3,70	3,70	
Водоотлив шахты «Южная»	3	99,86	99,54	0,46	0,14	55,42	41,46	–	–	3,12	–	–	
Водоотлив шахты «Северная»	4	99,66	99,63	0,37	0,34	90,18	3,57	–	–	6,25	–	–	
Водоотлив шахты «Центральная»	3	99,45	98,34	1,66	0,55	74,10	–	4,23	6,67	10,83	4,17	–	
Река Пещерка в окрестностях г.Асбеста	3	99,81	97,71	2,29	0,19	–	66,67	–	16,67	–	16,66	–	
Родник в окрестностях г.Асбеста	3	99,74	99,70	0,30	0,26	8,45	16,88	8,44	5,41	8,44	–	2,38	

Как следует из таблицы 2, доминируют волокна зернистой фракции.

Для добычи асбестовых руд используются открытые карьеры, которые могут иметь глубину до 350 метров. Однако в забоях глубоких горизонтов скапливаются воды поверхностного стока, которые образуются в результате талых снеговых, дождевых и грунтовых вод. Чтобы избежать наводнений, поверхностные и дренажные воды собираются через зумфы и воронки, и поступают в водоприемные шахты. Затем, они направляются в водосборник, откуда откачиваются на поверхность. Для осушения карьера используются водоотливные шахты «Южная», «Северная» и «Центральная». Водозабор соответственно проводится с глубин 80 м, 120 м и 10 м. Это позволяет поддерживать оптимальный уровень воды и предотвращать ее скопление в карьере. Накопление воды в карьере может привести к его разрушению, а также к обильному загрязнению окружающей среды.

Данные показывают, что общие концентрации асбеста в воде из рудного забоя глубоких горизонтов и водоотливных шахт «Южная» и «Северная» примерно одинаковы и составляют  $0,319 \cdot 10^5$ ,  $0,310 \cdot 10^5$  и  $0,270 \cdot 10^5$  вол/л соответственно. В воде из рудного забоя все волокна относятся к респирабельным, а в воде из шахт в основном представлены волокнами нереспирабельных фракций. Содержание волокон асбеста в поверхностных водах, прошедших через горные породы, ниже в 2,8–6,7 раза, чем в водах из шахт. Однако, в сбросовых водах шахты «Центральная», проходящих через асбестосодержащие породы,

концентрация волокон асбеста выше в 3,1 раза по сравнению с водой из забоя. В реке Пещерка концентрация волокон асбеста примерно в 3 раза ниже, чем в сбросовых водах отливных шахт, потому что вода из болота Пещерного содержит меньше асбеста, чем вода из шахт.

Город Асбест получает водоснабжение из подземных источников, которые находятся в районе Грязнушинского водозабора. Некоторые скважины проходят через асбестоносные породы, что может привести к попаданию асбеста в водопроводную сеть.

Концентрации респирабельных волокон асбеста в водоисточниках ниже, чем нормы, установленные в США [6]. Однако из-за ограничений метода ФКОМ, который может обнаружить только 2,4% всех волокон [4], фактические концентрации могут быть выше за счет нереспирабельных фракций.

Совершенствование таких методов, как электронная микроскопия и рентгенофлюоресцентный анализ, при определении количества волокон асбеста в окружающей среде, включая воду, помогает определить уровень риска заболевания населения при наличии концентрации асбеста в воде.

Методы определения содержания асбеста в воде продолжают развиваться. Широкое распространение получила методика, предложенная Агентством по охране окружающей среды США, которая включает фильтрацию воды и рентгенологическое определение амфиболитовых и хризотилитовых волокон. Для этого используется специальный мембранный фильтр с порами диаметром 0,4 мкм, покрытый слоем углерода. Полученные образцы проб исследуются с помощью электронного микроскопа [1].

Выводы. В результате проведенных исследований было установлено, что все изученные водоисточники в районе Баженовского месторождения содержат волокна хризотил-асбеста, как в поверхностных, так и в подземных водах. Вода, содержащая асбест, может быть опасной для питья и использования в бытовых нуждах. Чтобы обеспечить безопасное водоснабжение для жителей города, необходимо принимать меры по очистке воды от асбеста. Также необходимо отметить, что важно продолжать исследования в других районах России, чтобы оценить наличие асбеста в различных водоисточниках. Это поможет определить масштаб проблемы и разработать эффективные меры для ее решения.

### **Список литературы**

1. Красовский Г. Н., Можяев Е. А. Асбест в питьевой воде (обзор) // Гигиена и санитария. 1993. № 6. С. 20–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/asbest-v-pitievoy-vode-obzor>.

2. Асбест и другие природные минеральные волокна. Женева ; М., 1991. 174 с. (Гигиенические критерии состояния окружающей среды. ВОЗ ; 53).
3. Амфибол-асбест // Горная энциклопедия. URL: <http://www.mining-enc.ru/a/amfibol-asbest>.
4. Сравнение методов определения концентрации и дисперсно-морфологического состава асбестосодержащей пыли / Коган Ф. М., Кашанский С. В., Богданов Г. Б. и др. // Гигиена и санитария. 1989. № 8. С. 39–41.
5. МУК 4.1.666-97. Методические указания по измерению концентраций волокон асбеста в атмосферном воздухе населенных мест // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200028458?ysclid=lk5mdzdmd850362509>.
6. Национальные правила по первичной питьевой воде. Последнее правило / Агентство по охране окружающей среды США // Федеральный регистр 56. 1991. С. 3526–3597.
7. Кашанский С. В., Богданов Г. Б., Слышкина Т. В. Содержание волокон асбеста в водоисточниках Баженовского месторождения // Гигиена и санитария. 2001. № 4. С. 17–19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soderzhanie-volokon-asbesta-v-vodoistochnikah-bazhenovskogo-mestorozhdeniya>.
8. Научно-технический прогресс в асбестовой промышленности СССР / сост. М. А. Белов и др. ; под ред. Б. А. Сониной. М. : Недра, 1988. 300 с.
9. Хризотил. URL: <https://ru.zahn-info-portal.de/wiki/Chrysotile>.
10. Шиммель Г. Методика электронной микроскопии. М. : Мир, 1972. 300 с.
11. Шрайер Х. Окружающая среда. Загрязнение окружающей среды. 1987. Т. 43. С. 229–242.