

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Власов К.А., Кутукова Е.И. Изумрудные копи. - М.: Изд-во АН СССР, 1960. - 251 с.
2. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Рогачев Д.Л., Тюшева Ф.Н., Шишкин Н.М. Гинзбургский новый кальций-бериллиевый силикат из десилицированных пегматитов // Мин. журнал. - 1986. - Т.8. - № 4. - С.85-90.
3. Волошин А.В., Пахомовский Я.А., Рогачев Д.Л., Надеждина Т.Н., Пушаровский Д.И., Бахчисарайцев А.Ю. Клинобехоит - новая природная модификация $Be(OH)_2$ из десилицированных пегматитов // Мин. журнал. - 1989. - Т.11, №5. - С.88-95.
4. Золотухин Ф.Ф. Мариинское (Мальшевское) месторождение изумруда, Средний Урал. - Асбестовский филиал Уральского государственного университета. - Екатеринбург - Санкт-Петербург, 1996. - 70 с.
5. Клейменов Д.А. Вещественный состав, условия формирования и перспективы использования в промышленности окисления Березовского золоторудного месторождения: Автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук. - Екатеринбург, 1999. - 23 с.
6. Попов М.П., Зашихин В.П., Абрамов В.А. Эвклаз с Уральских Изумрудных копей // Уральский журнал минералогической школы. - Екатеринбург, 1996. - С.131-132.
7. Попов М.П., Попов В.А. Бехоит с Мариинского месторождения изумрудов // Материалы Уральского государственного университета минералогической школы. - Екатеринбург, 1998. - С.132-134.
8. Смит Г. Драгоценные камни: Пер. с англ. - М.: Мир, 1984. - 558 с.

УДК 552.55+553.878

Н.М.Дружинина

К ВОПРОСУ О ГЕНЕЗИСЕ ЮЖНОУРАЛЬСКИХ ЯШМ

Среди пород, относимых к яшмам, можно выделить две группы: собственно яшмовидные породы. Месторождения последних известны на Урале, Алтае, в Крыму (Калкан, Казах-Чикканское; Коргонское, Ревневское, Гольцовское; Карадагское). Классические яшмы развиты на Южном Урале (г.Полковник, Калиновское, Западное, Таш-Казган и др.), и на их территории существуют различные точки зрения.

Сторонники метаморфогенной гипотезы, опираясь на присутствие в яшмах метаморфических ассоциаций (гранат, актинолит), рассматривают яшмы как контактово- или регионально-метаморфические, а также метасоматические образования, первичная природа которых может быть осадочной, вулканогенно-осадочной и даже магматической [8,9,16,20,21].

Приверженцы биогенно-осадочной гипотезы считают, что абсолютное большинство яшм образовалось в результате литогенеза глубоководных радиоляриевых, диатомово-радиоляриевых илов, которые, по аналогии с современными океаническими осадками, формировались ниже глубины карбонатной компенсации (глубины, на которой скорость поступления биогенного карбонатного материала и скорость его растворения равны, в результате чего происходит накопление карбонатных, а кремнистых илов) [2,3]. Они исходят из того, что для яшм характерны органические структуры, аналоги которых, по данным сканирующей электронной микроскопии, наблюдаются в разностях, на первый взгляд абиоморфных. Значительная мощность толщ, содержащих в породообразующих количествах реликты кремнистых организмов, также свидетельствует в пользу биогенно-осадочного происхождения яшм [2].

И.В.Хворова [22, 23], Е.В.Зайкова [4] полагают, что образование яшм связано с окислительно-эксталяционно-гидротермальной деятельностью, в результате которой идет привнос в осадок эндогенного кремнезема, что стимулирует развитие организмов с кремниевым скелетом.

осаждения гидротерм. При этом поступление с экзогенными CO_2 и других кислых газов способствует бескарбонатности яшм, так как CaCO_3 устойчив при $\text{pH} > 6,8$, а в кислой обстановке интенсивное растворение. В качестве доказательства в пользу вулканогенного происхождения основной массы кремнезема в яшмах приводятся данные о современном выносе кремнезема на поверхность океанского дна ("белые курильщики", железисто-кремнистый гель в металлоносных осадках).

Действительно, современное гидротермальное осаждение кремнезема наблюдается на срединных хребтах, которые характеризуются сейсмической активностью, проявлениями вулканизма и мощным тепловым потоком. На дне океана в пределах срединного хребта имеются источники горячих флюидов с температурой до 350°C и pH до 4, отлагающие гидротермальные сооружения. Среди них выделяются высокотемпературные "черные курильщики", низкотемпературные облака тонкодисперсных сульфидов, и менее горячие (до 100°C) "белые курильщики", выбрасывающие взвешенный аморфный кремнезем, барит и пирит. Однако в удалении от срединных хребтов важное значение приобретают биогенно-осадочные известковые илы. При погружении флангов хребтов ниже глубины карбонатной компенсации происходит фаціальная смена карбонатных осадков кремнистыми илами или красными глинами [12].

Таким образом, одним из наиболее дискуссионных остается вопрос о природе исходного кремнезема, и подойти к решению этого вопроса возможно лишь после детального исследования петрографических и петрохимических особенностей.

С этой целью были изучены яшмы, отобранные автором в окрестностях пос. Старый Сибай, Этюткан, Оло-Тау, Карюкмас, Тауак), а также яшмы из коллекции Ю.Г.Крежевских (Сибайские, ташказганские, давлетовские и орские (г. Полковник). Яшмы Старого Сибая по признакам, предложенным Г.А.Каледой [5]; они залегают среди спилитов и диабазовых пород в виде пластов и линз, количество SiO_2 составляет 78-98 %, яшмы обладают мелкокристаллической структурой, практически половина их содержит реликты радиоларий, причем с сохранившимся внутренним строением. Это необходимо отметить в связи с тем, что подчас неправильно понимают породы, которые имеют собственное петрографическое название (обожженные туфы, роговики), что не способствует выяснению генезиса яшм. Так, в работе М.Е.Яковлевой [1] были описаны южноуральские яшмы, в которых широко распространены метаморфические минеральные ассоциации (гранат, актинолит, пумпеллит), однако осадочная природа яшм не была доказана, что позволило Е.В.Зайковой [4] в своей классификации отнести вышеуказанные породы к яшмоидам, образовавшимся в результате метаморфизма и метасоматоза туфов, эффузивных и интрузивных пород, а по поводу происхождения яшм было высказано мнение, что они характерны лишь для силитов, претерпевших метаморфизм при внедрении силлов диабазов.

Старый Сибай в структурном отношении находится в западном крыле Магнитогорского синеклизия в пределах Кизило-Уртазымской синклинали. Кизило-Уртазымская синеклизия в свою очередь расположена вдоль восточной части Баймакского рудного района. На ее территории выделяются складки третьего порядка: Бакрузякская, Карамалыташская и Сибайская [10,14,15]. В восточной части антиклинали приурочено Сибайское медноколчеданное месторождение (залежи Новый Сибай, Слепая Залесь).

Яшмовые проявления из окрестностей поселка Старый Сибай расположены в восточной части антиклинали, несколько севернее ее центральной части. Антиклиналь сложена породами среднедевонской карамалыташской свиты (D_2 скг): диабазовыми и базальтовыми породами, их туфами и вулканическими брекчиями, а также плагноклазовыми, пироксеновыми порфиридами андезито-базальтового состава; подчиненное значение имеют яшмы, кремнистые аргиллиты.

В восточной части карамалыташской антиклинали присутствуют субвулканические тела (диабазы), в центральных частях - выходы красных бутылыгырских яшм. Изредка наблюдаются

небольшие интрузии габброидов (юго-запад брахиантиклинали). На севере Карамалыташской антиклинали отмечается система диагональных разрывных нарушений, а по ее западной границе — крупный субмеридиональный разлом.

На востоке брахиантиклиналь граничит с красными яшмами, кремнистыми туффитами, кремнистыми алевролитами бутылыгырского горизонта и вулканогенными и осадочными породами улугтаусской свиты (D_2gvul_2). Последние представлены туфами, туфобрекчиями в основном андезитового состава, содержащими прослойки кремнистых туффитов и туфопесчаников, а также маломощными покровами андезитовых порфиритов. С запада антиклиналь ограничена андезитовыми базальтовыми туфами (D_2gvul_1), с запада и юго-запада — бутылыгырскими яшмами и древними вулканогенными породами ирендыкской свиты ($D_{1,2}cir_2$), представленными туфобрекчиями пирокластическими плагноклазовыми порфиритами андезито-базальтового состава, их туфами, кремнистыми туффитами и диабазами.

Итак, карамалыташская свита, формирование которой происходило в эйфельское время, представлена породами контрастной спилит-кератофировой формации натровой серии, причем в Карамалыташской брахиантиклинали преимущественно развита спилит-диабазовая субфация. Повсеместные элювиальные отложения и коренные выходы слагающих ее вулканитов и известняков отмечены в 2-6 км западнее пос. Старый Сибай. Наиболее мощные обнаружения наблюдаются на западном и юго-западном склоне г. Эттуткан, на г. Тауак и Карюкмас.

На северо-западном склоне г. Тауак наблюдаются коренные выходы темно-зеленых диабазовых порфиритов, частично разбитых трещинами, по которым развиты буроватые гидроксиды железа. На диабазовых порфиритах, видимая мощность которых не превышает 50 см, залегают слоистые сургучно-зеленые яшмы; границы между слоями резкие. Мощность яшмовой прослойки составляет 80 см, видимая длина 150 см, азимут падения ЮВ 132, $\angle 20$. Выше по разрезу сменяются сильно выветрелыми темно-серовато-зелеными диабазовыми порфиритами. При изучении верхних и нижних контактов яшм с диабазовыми порфиритами прямолinéйные и резкие. При микроскопическом изучении диабазовых порфиритов наблюдаются неправильные зерна эпидиота размером до $0,5 \times 0,3$ мм, лейсты плагноклаза размером от $0,1 \times 0,03$ до $0,5 \times 0,08$ мм. Плагноклаз сильно изменен: по нему развиты агрегаты кварца, соссюрит. Основная масса состоит из плагноклаза, пумпеллинита, изредка отмечаются волосовидные иголки актинолита, а также кварц. Минералы выполнены хлоритом. Очень редок пренит.

Разрез г. Карюкмас представляет собой чередование диабазовых порфиритов и сургучно-зеленых яшм: последние обнажаются у подножия южной части г. Карюкмас в виде пласта около 10 м видимой мощностью и общей видимой протяженностью около 10 м. Гипсометрически на г. Карюкмас наблюдаются повсеместные выходы диабазовых порфиритов. На вершине г. Карюкмас устанавливается полоса их коренных выходов, тянущаяся с севера на юг. Таким образом, предполагаемая мощность может составлять примерно 20 м и более.

У подножия восточного склона г. Карюкмас наблюдается микрообнажение розовато-красных слоистых яшм, которые подстилаются туфами основного состава, причем туфы постепенно переходят в яшмы. Видимая мощность яшм около 0,3 м.

Наиболее четко взаимоотношение яшм и вмещающих пород прослеживается на г. Эттуткан, особенно в северной и юго-западной ее части. Так, на северном склоне наблюдаются коренные выходы диабазовых порфиритов, видимая мощность которых 0,8-1,0 м, и сургучных и зеленовато-серых яшм мощностью 0,4-0,5 м. Контакты между диабазовым порфиритом и яшмой резкие. Кроме того, отмечены темно-зеленые спилиты с характерной караваеобразной формой размером $1,6 \times 0,8$ м, в которых залегают слоистые сургучно-зеленые яшмы, которые в верхней части "обтекают" спилиты. В нижней характеризуются горизонтальным наложением.

На г. Эттуткан отмечаются также коренные выходы яшм, вниз по разрезу переходящих в буровато-серые кремнистые аргиллиты. Мощность аргиллитов составляет 0,05-0,1 м, яшм — 0,1 м.

Таким образом, геологический разрез западных окрестностей Старого Сибая представляет собой чередование диабазовых и базальтовых порфиритов, спилитов, яшм и в меньшей степени туфов различного состава и кремнистых аргиллитов. Границы между яшмами и аргиллитами, яшмами и аргиллитами резкие, нередко субпрямолинейные. Для контакта яшм и туфов характерны постепенные переходы.

Яшмы Старого Сибая характеризуются слоистыми, полосчатыми, пятнистыми текстурами, иногда отмечается конкреционное, микросферолитовое строение. Они окрашены в розовые, сургучно-серовато-зеленые, оливково-зеленые, серовато-голубоватые, белые цвета.

В яшмах Старого Сибая были выделены следующие минеральные ассоциации:

- 1) кварц+андрадит-гроссуляр±гематит±актинолит (43 % от всех проанализированных образцов);
- 2) кварц+андрадит-гроссуляр+актинолит+эпидот+хлорит+гематит (15 %);
- 3) кварц+андрадит-гроссуляр+актинолит+эпидот+хлорит+стильпномелан±гематит (15 %);
- 4) кварц+андрадит-гроссуляр+эпидот±хлорит±гематит (16 %);
- 5) кварц+андрадит-гроссуляр+актинолит+эпидот±стильпномелан±гематит (5,5 %);
- 6) кварц+хлорит+эпидот+серицит (2,5 %);
- 7) кварц+хлорит+эпидот+пумпеллиит ±гематит (2,5 %).

Присутствующие в яшмах в породообразующих количествах гроссуляр-андрадит, актинолит, стильпномелан, а также хлорит являются новообразованными в результате метаморфизма. Об этом свидетельствует форма их выделения, а также их одновременное присутствие в яшмовой матрице и в жилках.

Гранат представлен ультрамикроскопическими идиоморфными зернами, иногда криптозернистыми, размером от 0,001 до 0,015. Они образуют криптозернистые, микрогломеробластовые агрегаты буроватого, желто-красного цвета, размер которых составляет 0,01-0,05 мкм (рис. 2а, 2б, 2в). Гранат входит в состав халцедон-кварцевых, кварц-гранатовых сферолитов, которые иллюстрируют новообразованный характер яшмы. Иногда наблюдаются жилки гранатового и кварцевого составов; в последнем случае отмечаются и полностью огранные ромбододекаэдрические кристаллы светло-желтого цвета размером 0,03-0,10 мм.

Гранат рентгеноструктурным анализом идентифицирован как андрадит по отражениям 3,020; 2,360; 1,610 Å, которые на дифрактограмме не перекрываются пиками других минералов (кварца, эпидота, хлорита, гематита) и по отражениям 3,020; 2,690; 2,560; 3,360; 2,200; 1,9560; 1,910; 1,610 Å на диаграмме, снятой с белых яшм, состоящих практически из кварца и андрадит-кварца (ДРОН-0,5, Си-излучение, U=35 кВ, I=10 мА, аналитик Н.Г. Сапожникова, УГГТА). Минеральный состав гранатов, определенный на электронном микрозондовом анализаторе "САМЕСА 3-4" (УГГТА, аналитик В.Н.Ослоповских) представлен в табл. 1 и 2.

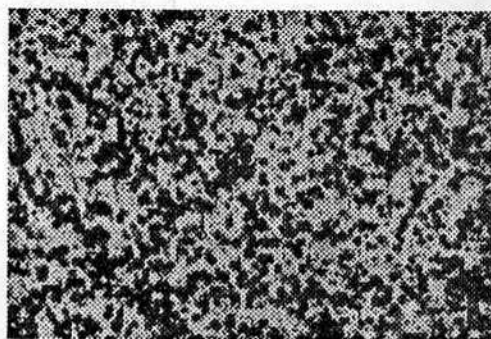


Рис. 1. Темно-бурые кристаллики гроссуляр-андрадита в розовато-белой яшме (г. Карюкмас). Ув.100. Николи парал.

Химический состав (мас.%) гранатов из брекчиевидных яшм
(зерно 1-5-алый участок; зерно 6-10 – розовый участок)

Компонент	Зерно 1	Зерно 2	Зерно 3	Зерно 4	Зерно 5	Зерно 6	Зерно 7	Зерно 8	Зерно 9	Зерно 10
Mg	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,32	0,00	0,15	0,15	0,00
Al	0,88	0,27	0,68	1,02	0,88	3,25	3,20	2,76	2,76	2,57
Si	16,75	18,19	17,13	14,99	16,08	16,83	17,92	16,33	16,33	17,10
Ca	25,39	19,67	23,20	22,63	24,95	25,21	22,40	23,25	23,25	23,84
Ti	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,33	0,20	0,20	0,07
Mn	0,02	0,04	0,03	0,00	0,00	0,02	0,22	0,05	0,05	0,11
Fe*об	19,19	24,17	18,16	22,30	18,29	15,48	13,65	17,73	17,73	16,87
Сумма	62,63	62,35	59,23	60,94	60,24	61,11	57,71	60,39	60,47	60,58

* Суммарное железо принято за Fe²⁺.

Кристаллохимические формулы

1. $(Ca_{2,99}Mn_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,88}Al_{0,12})_{2,00}[Si_3O_{12}] - Andr94Gross6$
2. $(Ca_{2,99}Mn_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,95}Al_{0,05})_{2,00}[Si_3O_{12}] - Andr97Gross3$
3. $(Ca_{2,98}Mg_{0,01}Mn_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,83}Al_{0,17})_{2,00}[Si_3O_{12}] - Andr92Gross8$
4. $Ca_{3,00}(Fe_{1,81}Al_{0,19})_{2,00}[Si_4O_{12}] - Andr91Gross9$
5. $(Ca_{2,99}Mg_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,84}Al_{0,16})_{2,00}[Si_3O_{12}] - Andr92Gross8$
6. $(Ca_{2,94}Mg_{0,06})_{3,00}(Fe_{1,38}Al_{0,62})_{2,00}[Si_3O_{12}] - Andr69Gross31$
7. $(Ca_{2,97}Mn_{0,03})_{3,00}(Fe_{1,33}Al_{0,67})_{2,00}[(Si_{2,95}Ti_{0,05})_{3,00}O_{12,00}] - Andr67Gross33$
8. $(Ca_{2,97}Mn_{0,03})_{3,00}(Fe_{1,37}Al_{0,63})_{2,00}[(Si_{2,97}Ti_{0,03})_{3,00}O_{12,00}] - Andr68Gross32$
9. $(Ca_{2,97}Mn_{0,03})_{3,00}(Fe_{1,52}Al_{0,48})_{2,00}[(Si_{2,99}Ti_{0,01})_{3,00}O_{12,00}] - Andr76Gross24$
10. $(Ca_{3,00}Mn_{0,01})_{3,01}(Fe_{1,52}Al_{0,48})_{2,00}[(Si_{2,99}Ti_{0,01})_{3,00}O_{12,00}] - Andr76Gross24$

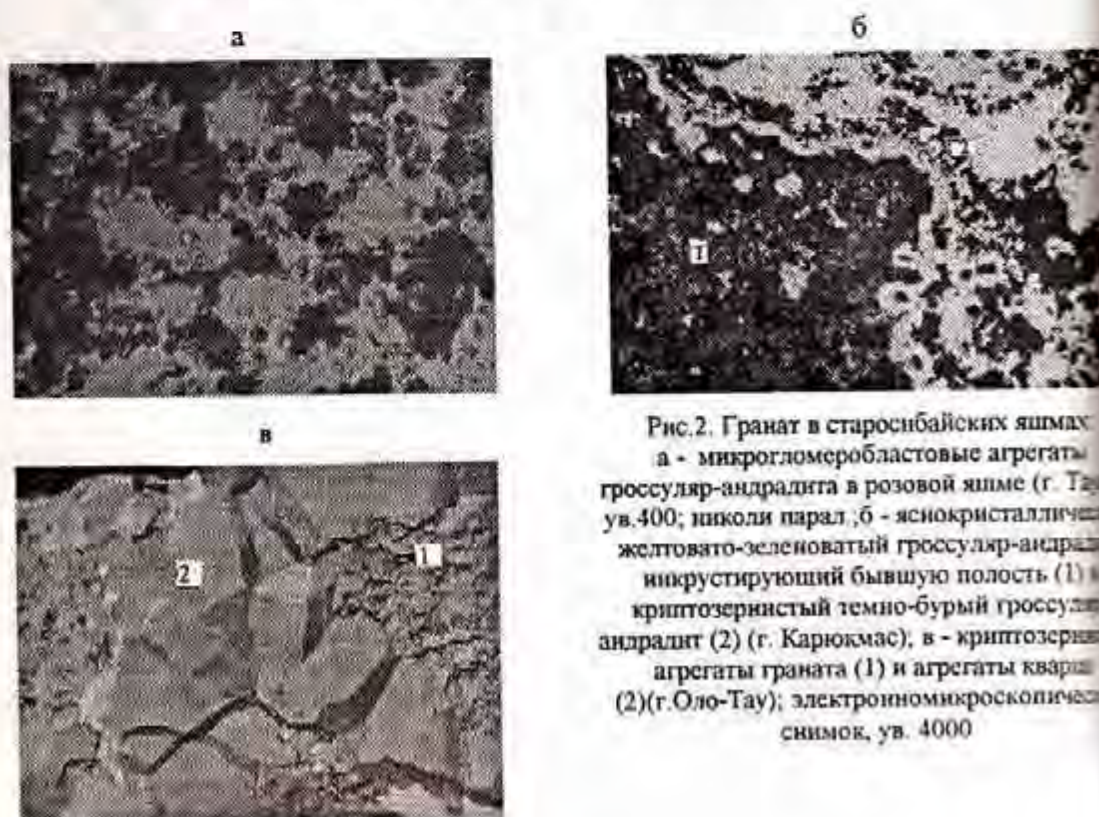


Рис. 2. Гранат в старосибайских яшмах:
а - микрогломеробластовые агрегаты
гроссуляра-андрадита в розовой яшме (г. Тае-
ув. 400; николи парал.); б - яснокристаллический
желтовато-зеленоватый гроссуляр-андра-
дидит микрокристаллизующий бывшую полость (1) и
криптозернистый темно-бурый гроссуля-
р-андрадит (2) (г. Карюкмас); в - криптозерни-
стые агрегаты граната (1) и агрегаты кварца
(2) (г. Оло-Тау); электронномикроскопический
снимок, ув. 4000

**Химический состав (мас.%) гранатов из светло-розовых яшм
(старый Сибай, окрестности г. Карюкмас)**

Компонент	Зерно 1	Зерно 2	Зерно 3	Зерно 4	Зерно 5	Зерно 6
Mg	0,34	0,31	0,21	0,25	0,16	0,32
Al	1,86	2,19	2,10	1,76	2,16	3,54
Si	21,36	21,77	24,31	23,86	21,20	16,19
Ca	20,83	22,29	18,18	19,22	21,35	24,69
Ti	0,22	0,05	0,15	0,09	0,06	0,07
Mn	0,04	0,06	0,04	0,06	0,06	0,23
Fe	14,37	15,59	14,13	13,16	14,52	14,59
Сумма катионов	59,06	62,26	59,12	58,40	59,50	59,64

* Суммарное железо принято за Fe²⁺.

Кристаллохимические формулы гранатов:

1. $(Ca_{2,92}Mg_{0,07}Mn_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,58}Al_{0,42})_{2,00}[(Si_{2,97}Ti_{0,03})_{3,00}O_{12,00}]$ -Andr79Gross21
2. $(Ca_{2,93}Mg_{0,07}Mn_{0,01})_{3,01}(Fe_{1,55}Al_{0,44})_{1,99}[Si_3O_{12}]$ - Andr78Gross22
3. $(Ca_{2,93}Mg_{0,06}Mn_{0,01})_{3,00}(Fe_{1,52}Al_{0,47})_{1,99}[(Si_{2,00}Ti_{0,01})_{3,01}O_{12,00}]$ -Andr77Gross23
4. $(Ca_{2,93}Mg_{0,06}Mn_{0,01})_{2,99}(Fe_{1,57}Al_{0,43})_{2,00}[Si_3O_{12}]$ - Andr78Gross22
5. $(Ca_{2,96}Mg_{0,04}Mn_{0,01})_{3,01}(Fe_{1,53}Al_{0,47})_{2,00}[Si_3O_{12}]$ - Andr76Gross24
6. $(Ca_{2,77}Mg_{0,06}Mn_{0,17})_{3,00}(Fe_{1,33}Al_{0,67})_{2,00}[Si_3O_{12}]$ - Andr62Gross30Spess8

Углубленный микронзондовым анализом состав граната отвечает гроссуляр-андрадилиту с гроссуляровой составляющей: от 3 до 32 %, при этом практически чистый андрадилит для участков, содержащих повышенное количество гематита (до 3-5 %).

В результате дифференциального термического анализа (ИГиГ, аналитик В.Г. Петрищева, граф 0-1500), гроссуляр-андрадилит незначительно гидратирован. Так, при исследовании белых яшм, состоящих из 72-74 % кварца, 26-28 % граната и меньше 1 % гематита (пересчет химического состава яшмы на минеральный произведен по методу П.Нитгли), кривая нагревания характеризуется эндоэффектом при температуре 630-900°C (потеря веса - меньше 0,1 %), который вызван дегидратацией граната.

Актинолит отмечается как в ткани яшмы, так и в кварцевых жилках в виде бесцветных тончайших длиной 0,03-0,10 мм, радиально волокнистых, спиновидных агрегатов с расщепляющимися (рис.3). Относительно крупные (до 0,15x0,013 мм) иголки наблюдаются в сургучно-яшмах, изредка отмечаются клиновидные зерна размером около 0,050x0,025 мм с признаком спайности, расположенных под углом 52-55°. Угол угасания иголок чаще всего равен $\alpha = 16-18^\circ$, но иногда его значение отклоняется до 12-20°. Показатели преломления актинолита из иголок серовато-голубых яшм, замеренные иммерсионным методом, составляют $n_g = (1,638 \pm 1,644) \pm 0,001$, $n_p = (1,618 \pm 1,621) \pm 0,001$, $n_g - n_p = (0,020 \pm 0,022) \pm 0,001$. Рентгеноструктурным методом присутствие актинолита в серовато-голубой яшме фиксируется по наиболее интенсивным линиям 5,130; 4,900; 3,140; 1,896 Å. В кварцевых жилках иголки актинолита нередко

пронизывают сразу несколько зерен кварца. В актинолит-кварцевой жилке мощностью 2 мм обнаружен зеленый актинолит, плеохроирующий от зеленого по n_g до светло-зеленого по n_p . Кварцевых жилках игольчатые агрегаты актинолита иногда пронизывают сразу несколько зерен кварца.



Рис.3. Игольчатые агрегаты актинолита (1) среди агрегатов кварца (2). Серовато-зеленая яшма (г. Эттуткай). Электронномикроскопический снимок. Ув. 7000

Светло-зеленый эпидот образует субизометричные, неправильные зерна, размер которых (0,05-0,20 мм) на порядок и более превышает средний размер зерен кварца и граната. Показатели преломления эпидота, измеренные в иммерсионных жидкостях, составляют: $n_g=(1,768-1,779)\pm 0,002$, $n_p=(1,738-1,753)\pm 0,002$, максимальное двупреломление - 0,030, $2V=+80-90^\circ$ (оценен по диаграмме Райта). На дифрактограмме фиксируются наиболее интенсивные отражения эпидота - 4,040, 3,220, 2,920, 2,010 Å, остальные перекрыты отражениями кварца и гроссуляр-андрадита. Желтовато-зеленый или оливково-зеленый эпидот выполняет жилки, иногда вместе с хлоритом; в эпидот-кварцевых жилках образует неправильные зерна, очень редко радиально-лучистые агрегаты.

Хлорит представлен светло-зелеными микрошуйчатыми агрегатами, одиночными чешуйками.

Показатель преломления хлорита из протолок серовато-зеленых яшм составляет $n_m=(1,588\pm 0,001)$, максимальное двупреломление иногда достигает 0,007. На дифрактограмме - отражения, за исключением $d=7,080$ Å, перекрыты отражениями других минералов. На ДТТ начальный эндозффект связан с температурой 600° , что характерно для ряда клинохлор - прохлорит (яшма состояла из кварца, эпидота, хлорита и актинолита; ИГиГ, аналитик В.Г. Петрищева).

Стильпомелан образует неправильные, субизометричные чешуйки, их агрегаты (рис.4), а также удлиненные очень тонкие пластинки от $0,05\times 0,005$ до $0,15\times 0,02$ мм. В некоторых особо крупных пластинках наблюдались трещины спайности параллельно удлинению. Трещины несовершенной спайности, расположенные субперпендикулярно удлинению, отмечены только в одном зерне. Для некоторых пластинок стильпомелана характерно микрокорродирование более длинных сторон. Он интенсивно окрашен и резко плеохроирует: по n_g и n_m - красновато-бурый, темно-бурый, по n_p - светло-коричневый, медово-желтый, изредка с зеленоватым оттенком. Тончайшие пластинки плеохроируют от зеленоватого по n_g (при этом показатель преломления близок к показателю преломления актинолита) до бесцветного по n_p (величина n_p приближается к величине показателя преломления кварца); то есть для стильпомелана характерно очень высокое двупреломление, максимальное значение которого приближается к 0,100. Угасание удлиненных пластинок прямое.



Рис.4. Стильпомелан в кварц-стильпомелановых жилках. Серовато-голубая яшма с размытыми сургурами и красными пятнами (г. Эттуткай). Ув. 100. Николи парал.

Прежде чем подвести черту под краткой характеристикой породообразующих яшмен минералов, образовавшихся в результате метаморфизма, необходимо сказать несколько слов о кварце. Кварц, слагающий матрицу яшмы, представлен кринозернистыми и тонкозернистыми агрегатами (рис.5); в первом случае размер зерен кварца не всегда можно определить оптически.

отсутствия четких границ между ними; во втором – зерна более крупные (размером до 0,33 мм), четко обрисованы, обладают неправильной формой.

Агрегаты и зерна андрадит-гроссуляра, актинолит, эпидот, стильпномелан не несут на себе петрологических признаков замещения одного минерала другим, обладают устойчивыми формами и имеют непосредственные контакты друг с другом.

Яшмы из окрестностей пос. Старый Сибай характерны для порфировых ассоциаций, и их появление закономерно, вмещающие яшмы – основные вулканиты (спилиты, порфириты), как, впрочем, и весь комплекс карбоново-среднедевонских пород западного крыла Южноуральского мегасинклинория, претерпели относительно низкотемпературный региональный метаморфизм.

При исследовании старосибайских спилитов и порфиритов установлено, что, кроме альбита, анкерита, эпидота, хлорита, они нередко содержат солячатые агрегаты актинолита, подобные актинолиту в яшмах. Тонкозернистые агрегаты пумпеллинита слагают основную массу, тончайшие иголки и агрегаты актинолита включены к кварцевым жилкам и к тем участкам основной массы, которые сложены кварцевыми агрегатами. Условия, при которых устойчивы эти два минерала, отвечают пумпеллинитовой фации регионального метаморфизма, для которой характерна температура 350-360° С при давлении 2,6 кбар, а нижняя – 300° С при давлении 1 кбар [18] (рис.6). Следует отметить, что некоторые исследователи [7, 9] связывают появление граната, актинолита в яшмах не с региональным метаморфизмом, а с контактовым воздействием на них диабазовых порфиритов. Однако результат такого воздействия наблюдался бы только в непосредственном контакте яшмы и вышележащих вулканитов. В залегающих на глубине порфиритах старосибайских яшмах минеральный состав выдержан по всей мощности (0,5-2,0 м).

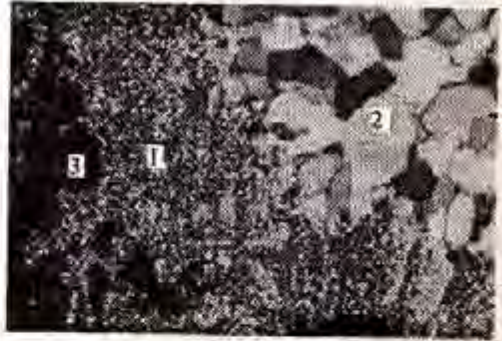


Рис.5 Криптозернистый (1) и тонкозернистый (2) кварц, чериос – гранат (3). Розовая яшма (г. Карюкмас). Ув. 100. Николи +



Рис.6 P-T-условия пумпеллинит-актинолитовой фации [18]. P – пумпеллинит, Act – актинолит

Минеральные ассоциации, характерные для старосибайских яшм, наблюдаются также и в яшмах из других южноуральских месторождений. Так, при микроскопическом изучении яшм г. Полковник, Таш-Казган, Давлетово были установлены следующие минеральные ассоциации (курсивом выделены ассоциации, характерные и для яшм Старого Сибая):

- 1) кварц+гранат+гематит+актинолит (45 % от всех проанализированных ассоциаций);
- 2) кварц+гранат+стильпномелан+гематит (23 %);
- 3) кварц+гранат+актинолит+эпидот+хлорит±стильпномелан+гематит (14 %);
- 4) кварц+гранат+эпидот+хлорит+гематит (6 %);
- 5) кварц+гранат+актинолит+хлорит+гематит (3,5 %);
- 6) кварц+гранат+актинолит+эпидот+стильпномелан±гематит (3,5%);
- 7) кварц+хлорит+эпидот+серицит (5 %).

По данным Г.П. Барсанова и М.Е. Яковлевой [1], яшмы из месторождений г. Полковник, Западного, Анастасьевского, также состоят из кварца, андрадит-гроссуляра, актинолита, гематита, а также хлорита, эпидота, стильпномелана.

Таким образом, для яшм из различных южноуральских месторождений (Эттуткан, г. Полковник Калиновское, Давлетово, Таш-Казган и др.) характерны аналогичные минеральные ассоциации. В гранатосодержащих яшмах они образуют ряд (кварц+гроссуляр-андрадит)-(кварц+гроссуляр-андрадит+актинолит+эпидот+хлорит+стильпномелан+гематит), промежуточные ассоциации представлены кварцем и различным сочетанием граната, актинолита, эпидота, хлорита, стильпномелана, гематита. Безгранатовые яшмы имеют состав кварц+хлорит+эпидот+серicits+кварц+гематит±стильпномелан.

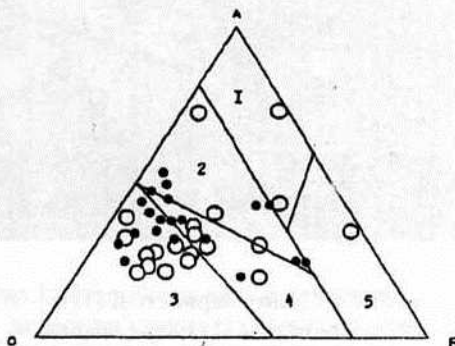


Рис.7. Результаты химических анализов старосибайских яшм (черные кружки) и яшм из других месторождений Южного Урала (белые кружки) на диаграмме ACF. Цифрами обозначены химические классы: 1 – пелитовый, 2 – кварц-полевошпатовый, 3 – известково-карбонатный, 4 – основной, 5 – магнезиальный

Минералогические и петрохимические особенности яшм отражают состав их исходного вещества. Они являются породами, претерпевшими метаморфические изменения, следовательно, для анализа их петрохимических особенностей правомерно использовать диаграмму ACF для метаморфитов, на которую нанесены поля исходных пород: 1 – пелитовый (производные осадков, богатых алюминием); 2 – кварц-полевошпатовый (производные песчаников и кислых пород), 3 – известково-карбонатный (производные известняков и доломитов, содержащих незначительное количество кварца, глинистых минералов), 4 – основной (производные основных эффузивов и их туфов), 5 – магнезиальный (производные ультраосновных магматических пород и некоторых осадков, богатых магнетитом). На диаграмму также вынесены собственные результаты химических анализов яшм Старого Сибая (табл. 4) а также химические анализы яшм из других месторождений Южного Урала и Малого Кавказа (по Г.П. Барсанову, М.Яковлевой, [1] и В.С. Вишневской [2] (табл.4). При этом массовые доли оксидов в процентах переведены в молекулярные количества. 49 % всех яшм оказалось в поле вероятных исходных известково-карбонатных пород, 19 % - в поле основных пород и их туфов, 16 % - в поле производных кварцевых песчаников и кислых пород, 5 % - в поле осадков

богатых алюминием; 11 % проб попало на границу известково-карбонатного и основного, основного и кварц-полевошпатового, кварц-полевошпатового и пелитового классов (рис.7).

1. Яшмы, располагающиеся в поле исходных известково-карбонатных пород, состоят преимущественно из кварца (60-85 %) и граната гроссуляр-андрадитового ряда (10-40 %); кроме того в незначительных количествах могут присутствовать стильпномелан, актинолит, эпидот, а также гематит. Количество SiO_2 в яшмах составляет 79,82-94,41 %. Практически половина яшм из данной области содержит диагностируемые реликты радиоларий.

Минеральный состав яшм, в частности широкое развитие в них гроссуляр-андрадита, при относительно небольших количествах (иногда до 40 %), говорит о неслучайности их попадания в поле исходных известково-карбонатных пород. По экспериментальным данным [11], необходимым условием формирования андрадита при относительно низких температурах (270-350° C) является избыток кальция, что характерно для известково-карбонатных систем или систем, в которых известково-карбонатного вещества существенна. Такой системой могут являться карбонатные кремнистые илы, подобные тем, что наблюдаются в современных океанах. Так, широкое развитие яшм планктонных организмов с кремниевым скелетом и высокое содержание SiO_2 говорит о том, что одним из компонентов исходного вещества были биогенно-кремнистые океанические илы.

Химический и минералогический анализы показывают, что они содержали также известково-основное вещество.

Таблица 3

Результаты химического анализа старосибайских яшм

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	93,68	94,41	89,62	88,96	87,78	93,58	84,76	84,40	91,33	94,52
	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,046	<0,01	<0,01	0,22	<0,01	<0,01
	2,19	1,78	1,39	2,98	3,56	2,50	1,99	5,32	3,18	2,06
	0,45	0,20	0,14	1,90	0,57	0,23	0,17	2,30	1,25	0,31
	2,11	0,69	4,75	1,06	2,46	0,37	8,66	3,36	0,37	1,11
	0,035	0,41	0,041	0,042	0,047	<0,01	0,030	0,060	<0,01	0,035 0,041
	2,98	2,62	3,21	3,58	1,55	1,55	4,17	2,02	1,43	1,35 1,41
	0,35	0,20	0,25	1,00	2,49	0,30	0,30	1,46	1,25 1,36	0,41
	0,11	<0,05	0,070	0,070	<0,05	0,21	0,11	0,14	0,11	0,31 0,30
	0,11	0,033	0,066	0,04	0,07	0,066	0,060	0,10	0,08	0,076
	0,017	0,025	0,023	0,054	<0,005	0,009	0,051	0,017	0,33	0,024
	<0,1	<0,1	0,42	0,51	0,63	<0,1	<0,1	0,62	0,50	<0,1
	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,00	1,09	<0,005	<0,05	<0,05	<0,05
	99,92	100,05	99,98	100,20	100,20	99,97	100,30	100,00	100,02	100,20

Окончание табл. 3

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	92,90	78,48	79,82	90,54	88,53	88,27	92,05	92,95	87,40	93,94
	0,072	0,26	0,28	0,15	0,17	0,14	<0,01	<0,01	<0,01	0,01
	2,23	7,01	5,56	4,08	4,01	3,75	2,52	2,21	1,91	2,67
	0,23	4,54	0,43	0,20	0,71	0,94	0,40	0,27	0,20	0,16
	2,32	3,48	3,62	2,56	3,35	3,46	2,06	2,26	6,98	0,31
	<0,01	0,08	4,10	0,06	0,036	0,041	<0,01	<0,01	0,032	<0,01
	2,05	2,05	6,01	2,12	3,73	2,75	2,78	2,02	3,98	1,63
	0,12	2,58	0,037	0,19	0,26	0,31	0,20	0,31	0,25	0,23
	0,19	0,28	0,28	0,28	0,19	0,33	0,08	0,15	0,15	0,14
	0,10	0,39	0,15	0,19	0,10	0,10	0,09	0,10	0,08	0,04
	0,021	0,039	0,067	0,049	0,092	0,028	0,01	0,01	0,035	0,01
	0,25	0,71	<0,05	<0,05	<0,05	0,25	<0,1	0,1	<0,1	0,15
	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,0	0,23	<0,05	0,1	<0,05	0,82
	100,48	100,26	100,35	100,42	100,18	100,33	100,22	100,32	100,17	100,05

Примечание. 1 - серовато-голубоватая яшма, г. Эттуткан; 2 - белая яшма, г. Карюкмас; 3 - брекчиевидная розовато-алая яшма, г. Тауак; 4 - розовато-коричневая яшма, г. Карюкмас; 5 - сургучно-голубоватая яшма, г. Эттуткан; 6 - светло-зеленая яшма, г. Тауак; 7 - брекчиевидная розовато-алая яшма, г. Карюкмас; 8 - сургучно-красная яшма, г. Эттуткан; 9 - серовато-зеленая яшма, г. Эттуткан; 10 - брекчиевидная розовато-алая яшма, г. Карюкмас; 11 - розовато-белая микросферолитовая яшма, г. Карюкмас; 12 - темно-зеленая яшма, г. Эттуткан; 13 - голубоватая яшма, г. Эттуткан; 14 - белая яшма, г. Эттуткан; 15 - светло-зеленая яшма, г. Эттуткан; 16 - буровато-красноватая яшма, г. Эттуткан; 17 - розовато-голубоватая яшма, г. Эттуткан; 18 - розовая яшма, г. Карюкмас; 19 - розовато-красная яшма, г. Карюкмас; 20 - серовато-зеленая яшма, г. Тауак.

Химический состав яшм из различных месторождений
(по литературным данным)

Компоненты, вес. %	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
SiO ₂	95,52	87,86	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	91,39
Al ₂ O ₃	1,18	4,12	1,02	1,80	-	3,57	1,47	4,28	2,64	2,82
FeO	0,19	0,44	0,78	0,30	0,82	-	0,98	1,94	0,16	0,35
Fe ₂ O ₃	0,75	1,09	5,96	4,50	5,41	5,47	2,83	19,11	4,66	2,26
MnO	0,05	0,98	0,10	0,35	0,56	1,24	0,11	0,04	0,11	0,16
CaO	1,23	4,01	6,74	4,87	5,14	7,19	3,30	0,73	1,07	3,56
MgO	0,33	0,49	Не отпр.	Не отпр.	0,16	0,78	0,61	0,99	Не отпр.	0,02
Na ₂ O	0,04	0,14	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.
K ₂ O	0,15	0,23	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.	Не отпр.

Окончание табл. 4

Компоненты, вес. %	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
SiO ₂	Не отпр.	93,04	87,69	88,44	91,82	82,16	90,12	93,42	91,37	90,38
Al ₂ O ₃	2,81	2,06	4,89	4,60	1,92	7,14	3,21	1,56	2,41	2,34
FeO	0,35	0,28	2,25	0,34	Не обн.	1,84	0,31	0,56	0,25	1,46
Fe ₂ O ₃	2,59	0,69	Не обн.	1,66	1,12	0,27	1,13	0,68	1,14	0,97
MnO	2,29	0,64	0,19	0,24	0,43	0,04	0,12	0,03	0,10	0,04
CaO	4,05	1,66	0,22	0,44	2,49	3,95	1,95	1,30	1,42	1,30
MgO	0,05	0,49	1,82	0,94	0,39	1,35	0,46	Сл.	0,38	0,47
Na ₂ O	Не отпр.	Не отпр.	0,02	0,13	0,04	0,02	0,21	0,54	0,41	0,34
K ₂ O	Не отпр.	Не отпр.	0,02	2,33	0,05	0,03	0,66	0,30	0,66	0,84

Примечание. 1-16 - данные Г.П. Барсанова и М.Е. Яковлевой [1]. 17-20 - В.С. Вишнева [2]: 1 - розовая яшма, г. Подковник; 2 - желтовато-белая яшма, г. Подковник; 3 - розовато-красная яшма, Западное; 4 - светло-розовая яшма, Западное; 5 - розовая яшма, Западное; 6 - грязно-белая яшма, Западное; 7 - темно-розовая, Западное; 8 - красная яшма, Западное; 9 - красная яшма, Анастасьевское; 10 - розовая яшма, Анастасьевское; 11 - кремневая яшма, Старомуйнаковское; 12 - темно-красная яшма, Старомуйнаковское; 13 - желтая яшма, Наурузово; 14 - буровато-красная яшма, Наурузово; 15 - белая яшма, Кушва; 16 - зеленая яшма, Ташауловская; 17-20 - радиолярные яшмы Малого Кавказа.

То, что в исходном осадке присутствовали карбонаты кальция, является немаловажным фактом. Как известно, для яшм характерна бескарбонатность, которая объяснялась и объясняется в этих пор формированием их ниже глубины карбонатной компенсации [2] или как доказательство существования субмаринной гидротермально-фумарольной деятельности, при которой шел вынос SiO₂, CO₂ и других кислых газов, в результате шло образование существенно кремнистых осадков, лишенных карбонатов [22, 23]. Однако наши исследования показали, что Са-карбонат в исходном осадке присутствовал, следовательно, исходным веществом яшм являлись карбонатно-кремнистые осадки, формировавшиеся выше или вблизи глубины карбонатной компенсации, причем кремний должен быть существенно биогенным (по крайней мере, для яшм, содержащих андрадит-гроссуляры), так как гидротермальное осаждение SiO₂ (например белые курнльщики) происходит в кислой среде, в которой кальцит неустойчив.

2. Около 19 % яшм находится в области производных основных эффузивов и их туфов. Содержание в них SiO₂ колеблется от 88,96 до 94,52 %. Они нередко содержат реликты радиолярных осадков и имеют полиминеральный состав. Яшмы «основного» класса состоят из кварца и почти равных количеств андрадит-гроссулярового граната, актинолита, эпидота, хлорита, иногда стильпномена. При этом триада эпидот - актинолит - хлорит говорит об основном характере исходного вещества.

ее сосуществование с гроссуляр-андрадитом позволяет предположить об одновременном присутствии известково-карбонатного компонента, и ассоциацию (гроссуляр - андрадит)+эпидот-хлорит можно назвать «карбонатно-вулканогенной».

Таким образом, как видно из особенностей строения (наличие биоморфных структур) и химического состава данных яшм, исходный илистый осадок был карбонатно-кремнистым, однако он разбавлен веществом вулканитов основного состава, что привело к появлению хлорита и эпидота в яшм на диаграмме АСФ в область исходных основных пород. «Основное» вещество могло быть вил с туфовыми частицами основного состава; не исключено также, что определенную роль сыграло подводное выветривание основных вулканитов, с которыми пространственно связаны

3. Практически 16 % яшм попало в область производных песчаников и кислых пород. Они состоят из кварца, гематита, андрадит-гроссуляра, актинолита, стильномелана. Содержание SiO_2 составляет 84,40-91,33 %; во многих присутствуют радиолярии, при этом для яшм характерно высокое соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{CaO}((\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)/\text{CaO})$ по сравнению с яшмами «основного» и «карбонатного» классов.

Необходимо отметить, что яшмы данного класса не группируются в определенной области диаграммы предыдущих случаев, а тяготеют к границам с «пелитовым» и с «основным» классами, и их генезис представляется преждевременным.

4. Яшмы, попавшие в область производных глинистых пород, составляют абсолютное большинство. Они содержат 86,70-91,33 SiO_2 и состоят из кварца, эпидота, хлорита, серицита.

Таким образом, по составу исходного вещества среди яшм Старого Сибая и яшм из других месторождений Южного Урала (г. Полковник, Таш-Казган, Давлетово) выделены две большие группы: «известково-карбонатные» и смешанные «карбонатно-вулканогенные». Первые образовались из известково-карбонатно-кремнистых илов, последние – из карбонатно-кремнистых илов, обогащенных вулканогенным материалом основного состава. Непременным условием становления яшмы как породы является низкотемпературный региональный метаморфизм (от прениг-пумпеллиитовой до сланцевой фации).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Барсанов Г.П., Яковлева М.Е. Минералогия яшм СССР. - М.: Наука, 1978. - 88 с.
2. Вишневецкая В.С. Радиоляриты как аналоги современных радиоляриевых илов. - М.: Наука, 1984. - 100 с.
3. Волохин Ю.Г. Кремневые породы Сихотэ-Алиня и проблема происхождения геосинклинальных осадочных толщ. - Владивосток, 1985. - 208 с.
4. Зайкова Е.В. Кремнистые породы офолитовых ассоциаций. - М.: Наука, 1991. - 134 с.
5. Калела Г.А. Эволюция кремнистого осадконакопления на континентальном блоке // Происхождение и геологическое использование кремнистых пород. - М.: Наука, 1987. - С. 43-58.
6. Киеваленко Е.Я., Сенкевич Н.Н. Геология месторождений поделочного камня. - М.: Недра, 1976.
7. Крежевских Ю.Г. Уральский яшмовый пояс // Известия вузов. Горный журнал. Уральское горное отделение. - Вып. 8. - Екатеринбург, 1995.
8. Крежевских Ю.Г. Текстуры яшм и их генезис // Известия вузов. Горный журнал. Уральское горное отделение. - Вып. 8. - Екатеринбург, 1995.
9. Малахов А.Е., Надельев К.М. Генетические особенности месторождений орских пестроцветных яшм. Тр. и мат.-лы СГИ - Свердловск. - 1940. - Вып. 6. - С. 63-85.
10. Медноколчеданные месторождения Урала. Геологическое строение. - Свердловск, 1988. - 280 с.
11. Мильд Б.В., Калинин Д.В. О южной температурной границе образования гранатов в сланцевом массиве (экспериментальные данные) // ДАН СССР - 1966. - Т. 137, № 3. - С. 655-658.
12. Обстановка осадконакопления и фации. - Т. 2. - М.: Мир, 1990. - 384 с.
13. Осадкообразование и вулканизм в геосинклинальных бассейнах. - М., 1979. - 236 с.

14. Перижник Н.А., Прокин В.А., Шигарев В.Г. Сибайский рудный район //Типы рудных районов колчеданоносных провинций Ю. Урала и Э. Казахстана. - М., 1973. - С.111-115.
15. Прокин В.А., Паливода Н.К., Долматов Г.К. Баймакский рудный район //Мат-лы геол. и разведочным Ю. Урала. - Уфа, 1962. - Вып. 3. - С.73-90.
16. Смолин А.П. Яшмы Урала и Алтай. - М.: Недра, 1968. - 40 с.
17. Соболев Р.Н., Фельдман В.Н. Методы петрохимических пересчетов пород и минералов.-М.: Недра, 1984. - 224 с.
18. Термо-и барометрия метаморфических пород. - М.: Наука, 1977.
19. Добрецов Н.Л., Соболев В.С., Хлестов В.В. Фации метаморфизма умеренных давлений.- М.: Недра, 1972. - 286 с.
20. Ферсман А.Е. Очерки по истории камня. - Т.2. - М.: Изд-во АН СССР, 1961.
21. Фиминих А.Ф. Последовательность формирования и некоторые вопросы генезиса цветных металлов Гайского района //Тр. ЦНИГРИ - 1967. - Вып. - 67. - С.28-43.
22. Хворова И.В. Кремнеобразование в геосинклинальных областях прошлого //Тр. ГИН. - 1968. - Вып. 195. - С.9-136.
23. Хворова И.В. Парагенезисы кремнистых пород в герцинских геосинклиналях //Осадкообразование и вулканизм в геосинклинальных бассейнах - М.: Наука, 1979. - С.38-59.

УДК 549.75(437)

С.Г. Сустанов, А.А. Канонеров

МИНЕРАЛЫ ЗОНЫ ОКИСЛЕНИЯ СВИНЦОВОГО УТКИНСКОГО РУДНИКА (СРЕДНИЙ УРАЛ)

Уткинский рудник расположен на левом берегу р. Межевая Утка вблизи впадения в нее рек Топкая и в 45 км к западу от г. Н.-Тагила. Рудник открыл в 1833 г. ниже-тагильский служитель Е. Коряков [2].

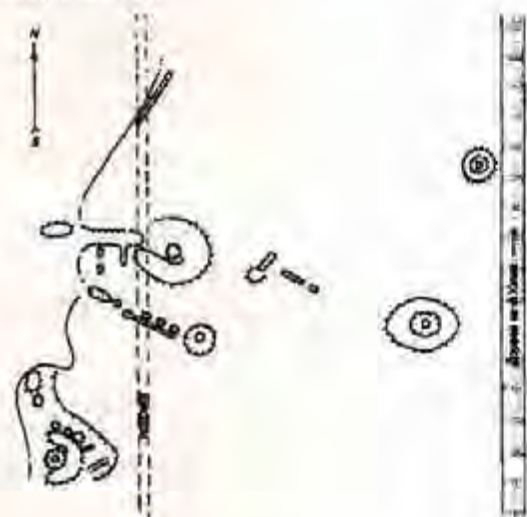


Рис. 1. Схема расположения отвалов и горных выработок на территории Уткинского рудника

Постоянных горных работ на руднике не велось. В период с 1833 по 1837 гг. была проведена разведочная попутной добычей свинцово-серебряных руд. Руды плавилась на Нижне-Тагильском и Выйском заводах. В время разведки на Уткинском и Горно-Анатолевском рудниках было добыто 256 кг свинца и 3,6 кг серебра.

Оруденение на Уткинском руднике представлено сериями субширотно расположенных кварцевых залегающих в толще тальково-глинистых сланцев окварцованных известняков. Минерализация в жилах представлена вкрапленностью и гнездовыми скоплениями серебросодержащего галенита и пленками самородного серебра. Наряду с ними в жилах встречаются: самородная медь, халькопирит, борнит и медная зелень [1].

В настоящее время на месте рудника не осталось даже следов горных работ. Все разведочные выработки оплыли и заросли вековым лесом. Ревизионными работами (Высоцкий Н.К., 1905-1908 гг., [3]) рудник обнаружен не был. Положение рудника было уточнено Канонеровым А.А. в 1996 г. Ориентиром для нахождения рудника служит река Межевая Утка. У северо-западного подножия склона г. Вахроменха река делает петлю в западном направлении. На обрывистом берегу