

## Прогнозно-поисковые модели месторождений особо чистого кварца

Н.Г.БЫДТАЕВА, Р.А.КИСЕЛЕВА, И.М.МИЛЕЕВА (ЦНИГРИ)

Минерально-сырьевая база кварцевого сырья России объединяет месторождения пьезооптического кварца, горного хрусталя и жильного кварца — гранулированного, прозрачного, молочно-белого. Кварцевое сырье, благодаря уникальным свойствам кварца, используется во многих отраслях промышленности, в том числе — для производства полупроводников, в микроэлектронике, волоконной оптике, светотехнике.

Созданная в предыдущие годы, минерально-сырьевая база кварцевого сырья обеспечивает потребности промышленности в сырье для оптического стекловарения, светотехники и в шихте для синтеза искусственных кристаллов кварца [4, 22].

В последние годы высококачественное сырье для плавки прозрачного кварцевого стекла стало остродефицитным, поскольку в связи с новыми требованиями к качеству кварцевых концентратов на ряде месторождений работы приостановлены. Наиболее доступные к отработке месторождения высококачественного кварца к настоящему времени выработаны, отсутствует и резерв новых месторождений. Практически исчерпан фонд перспективных площадей и объектов для постановки поисково-оценочных работ, именно поэтому основная проблема сырьевой базы кварца России — обеспечение отечественной промышленности высококачественным сырьем для наплава специальных прозрачных кварцевых стекол, используемых в первую очередь в микроэлектронике.

Ведущее место в мире по добыче и переработке кварца в настоящее время занимают США. Компанией «ЮНИМИН» была разработана технология глубокой очистки кварца с получением концентратов высокой химической чистоты сорта йота-кварц. Этот мировой стандарт для плавки прозрачного кварцевого стекла характеризуется высокой химической чистотой и стабильностью качества. Сырьем для получения кварцевых концентратов служили отходы керамического (каолинового) производства, а затем коренные породы — плагиопегматиты с содержанием кварца 18—20% [32].

В России к плавочным сортам особо чистого кварца предъявляются достаточно жесткие требования, которые регламентируются ТУ-5726-002-11496665-97 и лимитируют содержание элементов-примесей в кварцевых концентратах до 24—30 ppm, минеральных примесей меньше 0,00 п%, коэффициент светопропускания 80% и газонасыщенность не более 50—70 ppm.

Примеси в кварце подразделяются на минеральные, структурные и флюидные [7, 10]. Минеральные примеси должны удаляться при глубоком обогащении. Количество структурных примесей в кварце — важный критерий качества, так как их содержание определяет предел обогатимости кварца и при превышении их количества по сравнению с требованиями, предусмотренными ТУ, такой кварц не может быть отнесен к особо чистому. В особо чистом кварце лимитируется также содержание остаточной флюидной фазы, косвенным показателем количества которой служит коэффициент светопропускания.

Установлено, что при образовании особо чистого кварца определяющим фактором является высокое давление,

реализация которого определяется по наличию минеральных парагенезисов с глаукофаном, дистеном, эклогитоподобных пород [29], на основании чего был сделан вывод о приуроченности особо чистого кварца к высокобарическим зонам. Такой вывод важен для минерагении кварца, так как локализация высокочистого кварца возможна в зонах с высоким давлением — в эклогит-гнейсовых и эклогит-глаукофан-сланцевых комплексах [2, 8, 29].

Основными геолого-промышленными и технологическими типами для получения особо чистых кварцевых концентратов являются жильный гранулированный и прозрачный, фрагментарно-стекловидный кварц метаморфогенного генезиса [8, 22, 28].

Минерально-сырьевая база кварцевого сырья, сосредоточена в трех основных провинциях: Уральская, Прибайкальская и Карело-Кольская. Основные запасы сырья для плавки находятся в Приполярно-Уральской и Южно-Уральской субпровинциях [4]. Месторождения гранулированного кварца сосредоточены на Урале и в Прибайкальской кварценозной провинции, запасы прозрачного кварца — на месторождениях Приполярного и Южного Урала. В Восточном Саяне выявлены химически чистые кварцевые метасоматиты (суперкварциты) и разведано месторождение Бурал-Сардык, балансовые запасы и ресурсы которого учтены как гранулированный кварц [6, 7].

Для обеспечения промышленности особо чистым кварцем необходимо провести переоценку существующей базы кварцевого сырья, пригодного для получения высокочистых концентратов, а также выявить и оценить районы с нетрадиционными источниками кварцевого сырья. В связи с этим разработка моделей прогноза и поисков месторождений такого вида сырья представляется достаточно актуальной.

Объектами для разработки моделей месторождений особо чистого кварца послужили кварценозные районы Среднего и Южного Урала, где сосредоточены кварценозные поля с месторождениями перспективными на данный вид сырья [28]. На этих объектах выполнен значительный комплекс геологоразведочных, эксплуатационных и тематических работ, материалы которых использованы при характеристике кварценозных объектов [8, 11, 12, 17, 25]. В качестве новых перспективных на особо чистый кварц рассмотрены объекты Восточного Саяна [7].

В Уральской кварценозной провинции кварцевая минерагения сосредоточена в двух минерагенических зонах: Центрально-Уральской и Восточно-Уральской, приуроченных к одноименным тектоническим структурам — поднятиям. К Центрально-Уральскому поднятию относятся кварценозные районы, где сконцентрированы перспективные на особо чистый кварц месторождения гранулированного и прозрачного стекловидного кварца. Поэтому в качестве эталонных кварценозных районов рассмотрен Уфалейский и Сакмарский.

**Уфалейский кварценозный район** — основной сырьевой источник высококачественного гранулированного кварца для получения концентратов особо чистого кварца и включает ряд кварценозных полей и месторождений [7,

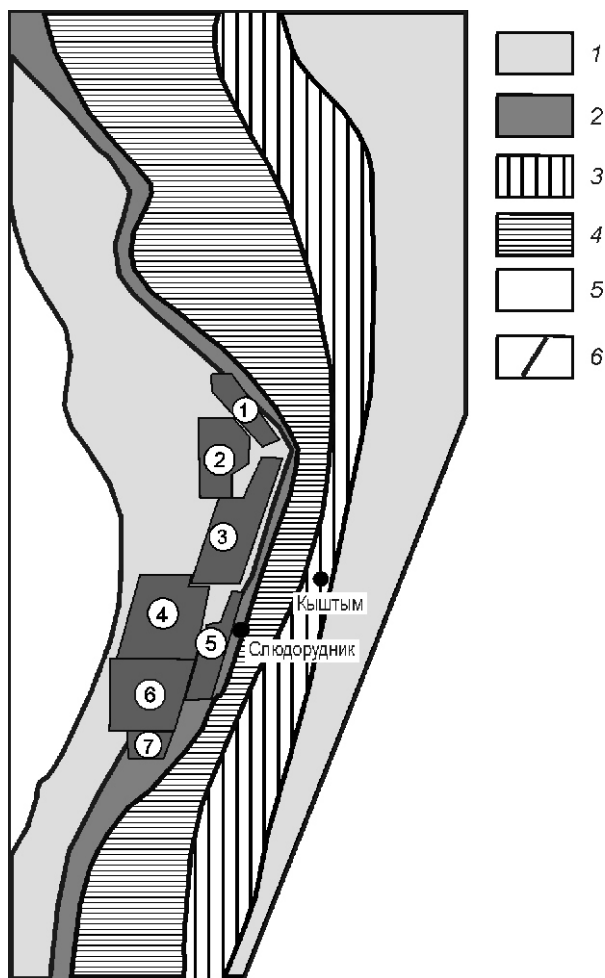
28]. Район приурочен к шовной зоне на границе палеоконтинентального и палеоостроводужного секторов Урала, что и определило его внутреннее строение (рис. 1).

Уфалейский район на геологических картах выделялся как Уфалейский антиклинорий [16] и до последнего времени представлялся как фрагмент докембрийского фундамента, внедренный в породы палеозойского чехла в результате тектонических и метаморфических преобразований. При этом выделялось гнейсовое ядро и сланцевое обрамление, которые рассматривались как гнейсо-мигматовый комплекс [8, 16].

В настоящее время Уфалейский комплекс представляют в качестве субдупцированной плиты, имеющей двучленное строение: западная часть — край фундамента Русской платформы, а в восточной части вскрыт глубинный срез интенсивно меланжированной субдукционной зоны с ме-

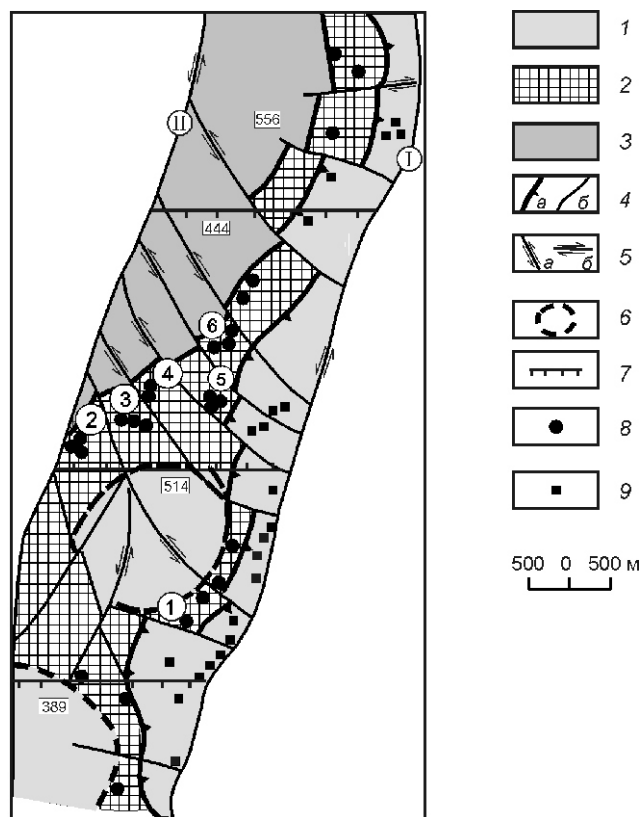
таморфизмом повышенных давлений [13]. Высокобарический комплекс обладает зональным строением. Восточная часть рассматривается как эклогит-сланцевая, западная — как эклогит-сланцево-мигматовая [1]. Породы района слагают тектонические пластины: 1) егустинскую, сложенную допалеозойскими гнейсовидными амфиболитами, плагиогнейсами, продуктами их метаморфизма и гранитизации; 2) слюдяногорскую с развитием по допалеозойским породам, биотит-амфиболовых бластомилолитов габбро-амфиболитов и плагиомигматов. Локально проявлены процессы кислотного выщелачивания по амфиболитам; 3) куртинскую, состоящую из бластомилолитов дистен-силлиманитовой фациальной серии.

Уфалейский кварценозный район вытянут в меридиональном направлении и ограничен системой разломов: с востока — Главным Уральским глубинным, с запада — Серебрянским (рис. 2). Ширина рудоносной зоны в среднем 10—15 км, а протяженность до 40 км.



**Рис. 1** Схема тектонического районирования Среднего Урала. По материалам А.И.Белковского, С.Н.Иванова, Н.И.Мельниковой:

1 — палеоконтинентальный сектор; 2 — Уфалейский эклогит-сланцевый мигматовый меланж (Центрально-Уральское поднятие); 3 — линейная зона стресс-метаморфизма (Восточно-Уральское поднятие); 4 — островодужная зона (Тагил-Магнитогорский прогиб); 5 — пассивная палеокрайна (Предуральский прогиб); 6 — тектонические границы; площади, перспективные на гранулированный кварц (цифры в кружках): 1 — Маух, 2 — Кизильская, 3 — Кузнечиха, 4 — Егустинская, 5 — Кыштымская, 6 — Уфимская, 7 — Агордяш



**Рис. 2.** Геолого-структурная схема Уфалейского кварценозного района:

1 — куртинская пластина: бластомилолиты апоэклогитовые, апогаббровые метасоматиты; 2 — слюдяногорская пластина: бластомилолиты апогнейсовые и апоамфиболитовые, мигматиты, гнейсы; 3 — блоки протерозойского фундамента — амфиболиты, гнейсы; 4 — надвижки: а — Куртинский, б — Слюдяногорский; 5 — сдвиги: а — левые, б — правые; б — границы купольных морфоструктур; 7 — границы морфоструктурных блоков и их фоновые абсолютные отметки (м); 8 — месторождения гранулированного кварца уфалейского типа (цифры в кружках): 1 — Острогорское, 2 — Петровское, 3—4 — Глинянское, 5 — Квартальное, 6 — Юшкондинское; 9 — проявление гранулированного кварца кыштымского типа; разломы: I — Главный Уральский, II — Серебрянский

Продуктивные на особо чистый кварц жилы сформировались в результате двух этапов тектоно-метасоматической активизации в возрастном диапазоне 450—345 и 300—290 млн.лет [2]. Месторождения особо чистого кварца объединены в две рудные формации: 1) тонко-мелкозернистого прозрачного кварца (уфалейский тип); 2) прозрачный мелко-среднезернистого кварца (кыштымский тип).

Рудная формация гранулированного кварца уфалейского типа, наиболее перспективного на особо чистый кварц, локализуется преимущественно в породах слюдяногорской пластины на контакте с куртинской в пределах зоны, ограниченной региональными сдвигами — Главным Уральским и Серебрянским глубинными разломами. В ее пределах кварцевые жилы распределены неравномерно, образуя участки повышенной концентрации (поля), чередующиеся с безрудными (см. рис. 2). Наиболее перспективны Кыштымское и Кузнечихинское.

*Кыштымское поле* включает ряд месторождений: Острогорское, Уфимское и Беркутинское. Они локализируются в линейной шовной зоне на контакте с южной купольной структурой (см. рис. 2). Приведем характеристику наиболее крупного месторождения района — Острогорское.

*Месторождение Острогорское* содержит основные балансовые запасы гранулированного кварца района и перспективно на особо чистый кварц. Приурочено оно к комплексу пород, слагающих слюдяногорскую пластину. Рудовмещающие породы представлены тектонизированными, будинированными габбро-амфиболитами, мигматизированными, биотитизированными. Подстилающая толща сложена гнейсами, гранитогнейсами егустинского комплекса, мощностью до 100 м. Перекрывающие породы — сланцы слюдяно-кварцевые куртинского комплекса мощностью до 100 м. Кварцевая жила приурочена к будине габбро-амфиболитов в гнейсах (рис. 3). В жилловмещающем комплексе установлены карбонатиты линейного трещинного типа, камафориты пироксен-апатитового состава и самарскит-сфен-апатитового, пострудные микроклиныты и альбититы с редкометальной минерализацией [2, 23]. Линзовидные обособления карбонатитов содержатся в виде реликтов в кварцевой жиле месторождения, указывая на их докварцевое происхождение. Характеристика месторождения приведена в табл. 1.

Кузнечихинское кварцево-жильное поле общей площадью 90 км<sup>2</sup> расположено в северо-западной части Уфалейского кварценозного района [17]. Отличительная особенность составляющих его месторождений — высокое качество гранулированного кварца. Кварцево-жильное поле приурочено к слюдяногорской пластине, имеющей тектонические контакты и надвинутой на породы егустинского комплекса. Дорудные породы представлены амфиболитами, биотит-амфиболовыми гнейсами с подчиненной ролью гнейсов. Исходные амфиболиты, амфиболовые сланцы и гнейсы тектонизированы с образованием бластомилонитов биотит-амфиболового, биотит-мусковитового составов, образующих линзовидные прослои и линзы мощностью от первых метров до 100 м. По бластомилонитам проявлена мигматизация и локально-кислотное выщелачивание с образованием линзовидных тел слюдисто-кварцевого состава. Характерны базификаты: гранатиты, амфиболиты, биотитовые сланцы.

В пределах Кузнечихинского поля выявлен ряд месторождений: Петровское, Глинянское, Юшкондинское, которые группируются в зоны (кусты), представляющие со-

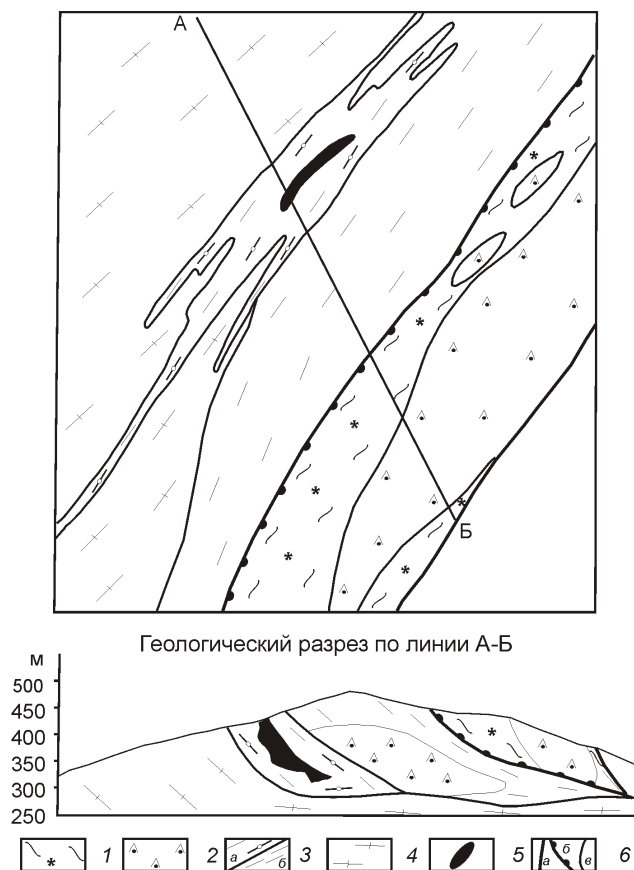


Рис. 3. Геологическая модель месторождения Острогорского:

*Куртинский (kr)* эколгит-сланцево-мигматитовый комплекс, нижнеордовикского возраста: 1 — гранат-слюдяно-кварцевые бластомилониты; 2 — амфиболиты гранат-цоизитовые; *Слюдяногорский (Sg<sub>1</sub>-Sg<sub>2</sub>)* апогаббровый, гнейсогранитовый комплекс: 3 — теплогорская толща (*tp*) — амфиболиты: *a* — мигматизированные, *б* — биотитизированные; 4 — беркутинская толща (*bk*): гранитогнейсы, амфиболиты, мигматиты; 5 — жила гранулированного кварца; 6 — тектонические нарушения: *a* — Главный Уральский разлом, *б* — Куртинский надвиг, *в* — прочие тектонические нарушения

бой скопления кварцевых жил. Месторождения приурочены преимущественно к нижнему контакту пластины (см. рис. 2). Характеристика типовых месторождений приведена в табл. 1.

**Сакмарский кварценозный район** — источник прозрачного жильного кварца для плавки и высококачественной шихты для синтеза искусственных кристаллов кварца, находится в южной части Центрально-Уральской мегазоны и локализуется в центральной части Присакмарского горст-антиклинория, Уралтауского мегаантиклинория. Западная граница горст-антиклинория — Янтышевско-Юмукский разлом, восточная — Главный Уральский глубинный разлом [11].

Для Сакмарского кварценозного района характерно развитие пород, относимых к Максютовскому эколгит-глаукофан-сланцевому и суваянскому зеленосланцевому комплексам. Контакт между максютовским с перекрывающим суваянским комплексом тектонический — это падающий на запад левый сбросо-сдвиг [13]. Разрез максютовского комплекса представляет собой гигантский мегамеланж и

# 1. Характеристика месторождений особо чистого кварца

Месторождение (жила)	Вмещающий комплекс	Флюидные включения ( 600 ), мкг/г			Коэффициент светопропускания, среднее	Элементы-примеси, ppm	Структурные примеси*			
		H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CO			ТЛ2, T		РЛ2(370) РЛ1(500)	Группа
							100—120	130—150		
<i>Уфалейский кварценозный район. Кыштымское поле. Кварц гранулированный мелкозернистый</i>										
Острогорское	Амфиболиты, мигматиты, карбонатиты	35,7	1,1	—	74,8	33,04	55	82	1,5—11,8	I—III
Беркутинское	Амфиболиты, пегматиты	39,5	9,9	4,6	90,0	188,6			1,8	II
<i>Кузнецихинское кварценозное поле. Кварц гранулированный мелкозернистый</i>										
Петровское	Амфиболиты, гранитоиды	74,3	4,4	0,3	82,0	43,75	24		4,0—11,2	I—II
Глинянское	Амфиболиты, плагиомигматиты, субщелочные граниты	40,0	4,5	0,6	79,7	55,0	10	8	4,0—8,3	I—II
<i>Гарганский кварценозный район (Восточный Саян). Кварциты</i>										
Бурал-Сардык	Терригенно-карбонатные отложения	1,5—47,0	1,4—9,5	6,6—15,2	71—85	49,6	1	1	1,0—7,6	I—II
Окинское	То же	112,8	27,9	8,25	69—86	21,4—351,3	Не опр.	Не опр.	Не опр.	—

\* Примесные центры проявлены слабо (I—II); средне — Al, Li (III);  $\frac{РЛ2(370)}{РЛ1(500)}$  (I>8; II — 4—8; III — 1—4).

рассматривается как фрагмент среднедевонской зоны субдукции, существовавшей под островной дугой. Породы залегают в виде тектонических пластин. В нижней пластине находятся слюдяные сланцы с включениями эклогитов, ультрабазитов, гранатовых амфиболитов и гранат-глаукофановые сланцы с линзами кварцевых и аркозовых метапесчаников, т.е. меланжированных пород микроконтинента. Верхняя метаофиолитовая пластина сложена метабаальтами, графитистыми кремнистыми породами и линзами серпентинитов с включениями метагаббро и гранат-лавсонит-хлоритовых пород. Структура комплекса представляется как антиформа [11, 28].

Запасы прозрачного кварца этого района по сравнению с запасами гранулированного кварца Уфалейского района невелики и в значительной степени отработаны. В районе разведано два месторождения с химически чистым кварцем: Караяновское и Новотроицкое. На *Караяновском месторождении* кварц представлен молочно белыми разностями, которые из-за низкого светопропускания могут использоваться только в качестве шихты для синтеза искусственных кристаллов кварца. Кварц Новотроицкого месторождения отличается высоким светопропусканием и (до 85%) и химической чистотой.

*Новотроицкое месторождение* прозрачного жильного кварца, где развиты породы двух комплексов: нижний —

максютковский и верхний — суваянский. Максютковский комплекс представлен породами преимущественно кайраклинской и юагузинской комплексов с телами эклогитов. Для комплекса характерны тектонические чешуи, сложенные метавулканитами основного состава, реже осадочными породами. Суваянский комплекс надвинут на породы максютковского, неперспективен на кварцевое сырье [11].

Жилы с лучшим по качеству кварцем залегают в породах кайраклинского комплекса, который содержит тела эклогитов, образовавшихся при метаморфизме силлов и даек габбро-диабазов и диабазов и мелкие тела ультрабазитов. Вмещающие породы метаморфизованы в условиях глаукофан-сланцевой, гранат-глаукофановой и дистен-сланцевой фаций.

Рассмотренные объекты с высококачественным гранулированным и прозрачным кварцем Уральских кварценозных районов, сырье которых традиционно используется в качестве концентратов для плавки прозрачных кварцевых стекол, перспективны и на особо чистое кварцевое сырье. В последнее десятилетие в Восточном Саяне выявлен новый нетрадиционный тип химически чистого кварцевого сырья — суперкварциты или кварцевые метасоматиты, обнаруженные в обрамлении Гарганской глыбы [6, 7].

*Гарганская глыба* расположена на стыке Алтае-Саянской и Байкальской складчатых областей и представляет



## 2. Прогнозно-поисковые модели минерогенических таксонов применительно к месторождениям особо чистого кварца дислокационно-метаморфогенной формации шовных зон Урала и Восточного Саяна

Группа элементов-признаков	Пространственные минерогенические таксоны									
	Рудный район, тип формации				Типовые объекты	Рудное поле, тип формации				Типовые объекты (месторождения)
Формационная	Рудоносная Эклогит-гнейсовая и эклогит-глаукофан-сланцевая Тектонизированная, кремнисто-карбонатная				Уфалей Сакмара Гарган	Рудоносная Эклогит-гнейсовая и эклогит-глаукофан-сланцевая Тектонизированная, кремнисто-карбонатная				Кузнечихинское Новотроицкое Окинское
	Рудовмещающая Динамометаморфиты, бластомилониты апогнейсовые, апоамфиболитовые, гранитоиды				Уфалей Сакмара	Рудовмещающая Дислокационно-метасоматическая: бластомилониты, плагиомигматиты, гранитоиды				Кузнечихинское
	Глаукофансланцевая				Сакмара	Эпидот-амфибол-альбитовые, мусковит-кварцевые сланцы				Новотроицкое
	Тектонизированная, кремнисто-карбонатная				Гарган	Тектонизированная, кремнисто-карбонатная				Окинское
Структурно-тектоническая	Мегамеланж шовной зоны Главного Уральского глубинного разлома				Уфалей Сакмара	Серебрянская сдвиговая зона				Кузнечихинское
						Янтышевско-Юмукская сдвиговая зона				Новотроицкое
	Тектонизированный чехол фундамента Гарганской глыбы				Гарган	Тектонические пластины паравтохтона				Гарган
Метасоматическая	Кремнещелочные метасоматиты, кислотные метасоматиты				Уфалей	Плагиомигматиты, карбонатиты, альбититы, фениты, кварциты				Кузнечихинское
	Перекристаллизованные кварциты, скарноиды				Гарган	Перекристаллизованные, калишпатизированные кварциты, декarbonатизированные доломиты				Окинское
Геохимическая: состав флюидов кварца, ppm	$\frac{H_2O}{90,5}$	$\frac{CO_2}{5,5}$	$\frac{CH_4}{-}$	$\frac{CO}{1,6}$	Уфалей	$\frac{H_2O}{44,2}$	$\frac{CO_2}{3,3}$	$\frac{CH_4}{-}$	$\frac{CO}{3,3}$	Кузнечихинское
	255	3,7	0,26	0,35	Сакмара	57,8	2,4	0,23	6,2	Новотроицкое
	251,5	12,4	0,1	1,27	Гарган	166	5,3	0,8	0,65	Окинское

собой выступ древнего фундамента, сложенного гнейсами и амфиболитами, которые прорваны гранитоидами сумсунурского комплекса и перекрыты платформенным чехлом. Платформенный чехол состоит из пластин покровных комплексов: офиолитового, вулканогенно-сланцевого, и кремнисто-карбонатного. Породы кремнисто-карбонатного комплекса выделяют в иркутскую (монгошинскую) свиту палеозойского возраста. Породы чехла подверглись интенсивным складчатым деформациям при столкновении Тувино–Монгольского массива с Гарганской глыбой и были надвинуты на породы фундамента [19]. В результате этого, породы чехла (иркутская свита) интенсивно расчленены, располосованы.

Основная зона развития химически чистых кварцитов расположена вдоль северного контакта Гарганской глыбы в перекрывающих ее терригенно-карбонатных отложениях. В пределах полосы развития пород чехла было выявлено несколько проявлений относительно чистых кварцитов

с признаками грануляции — Холбинское, Бурал-Сардыкское, Окинское и Хойхо-Улзытинское поля, а затем разведано месторождение высококачественного кварца Бурал-Сардык (С.Д.Цуцар, 2003).

Месторождение Бурал-Сардык находится в верховьях р.Хойхо-Гарган, на вершине одноименной горы с отметкой 2789,2 м. В геологическом строении месторождения принимают участие породы гарганского метаморфического комплекса, представленные гнейсами, гранитогнейсами и перекрывающая их серия тектонических покровов, сложенных породами иркутской (кремнисто-карбонатной) и ильчирской (вулканогенно-терригенной) свит. Иркутская свита продуктивная, вмещает тела химически чистых суперкварцитов. Она сложена известняками и их доломитовыми разностями, кремнистыми породами, различными сланцами и песчаниками. Породы метаморфизованы в условиях зеленосланцевой и эпидот-амфиболитовой фаций.

### 3. Геолого-поисковая модель месторождений особо чистого кварца

Элементы модели	Типы месторождений		
	Уфалейский	Новотроицкий	Бурал-Сардыкский
<i>Рудовмещающий комплекс</i>	Дислокационно-метасоматический		
	Бластомилониты апогнейсовые, плагиомигматиты, гранитоиды, карбонатиты	Эклогит-глаукофан-сланцевый	Кремнисто-карбонатный
<i>Рудоносная формация</i>	Эклогит-гнейсовая	Эклогит-глаукофан-сланцевая	Карбонатно-кремнистая
<i>Рудоконтролирующие структуры</i>	Сдвиговые зоны		
<i>Рудовмещающие структуры</i>	Будинаж-структуры, зоны тектонического рассланцевания, бластомилониты	Зоны милонитизации и рассланцевания	
<i>Метасоматиты</i>	Плагиомигматиты, карбонатиты, фениты, кварц-мусковитовые, кварц-микроклиновые, альбитовые	Гранат-мусковит-кварцевые, мусковит-кварцевые	Серицит-кварцевые
<i>Рудные тела</i>	Кварцевые жилы линзовидные, согласные	Линзовидные, секущие	Линзовидные, пластообразные, согласные
<i>Геохимия кварца: содержание флюидной фазы, ppm:</i>			
H <sub>2</sub> O/CO <sub>2</sub>	82,2/4,8	57,8/2,4	47,0/5,6
Коэффициент светопропускания, %	75—90	85	
<i>Минеральные примеси в кварце</i>	Фенгит 2М, эгирин, фтор-апатит, рутил, иттрий-самарскит, карбонаты, сульфиды	Мусковит, гранат, амфибол, хлорит, альбит, турмалин, пирит	Серицит, кальцит
<i>Структурные примеси</i>	Отсутствуют	Al 0,0006%	Отсутствуют

Продуктивные тела суперкварцитов имеют пластовую или линзовидную форму и полого падают на запад, северо-запад. Вмещающие кремнистые породы (фтаниты, лидиты) темно-серые, массивные тонко-микрозернистые с линейной ориентировкой кварцевых зерен, примесью углисто-го вещества, мелких чешуек серицита (до 10%) и кальцита.

Новообразованные суперкварциты сформировались в результате метасоматической (углекислотной) переработки исходных кремнистых пород. Наблюдаются постепенные переходы от исходных микрозернистых кремнистых пород через располосованные зоны осветленных кварцитов к мелкозернистым. В процессе преобразования кремнистых пород происходит их осветление за счет исчезновения углисто-го вещества [7].

Суперкварциты отличаются разнозернистой структурой, состоят из агрегатов прозрачных зерен кварца и при этом на фоне мелкозернистой массы выделяются линзовидные обособления, создающие «порфириовидную» структуру. Видимая мощность до первых десятков метров. Наиболее крупные тела линзовидной формы прослежены по простиранию до 300 м. Характеристика кварца месторождения приведена в табл. 1.

Таким образом, в Восточном Саяне выявлен новый тип кварцевого сырья — суперкварциты, отличающиеся повышенной химической чистотой. Формирование этих пород произошло в результате дислокационно-метасоматичес-

ких преобразований исходных кремнистых хемогенно-осадочных пород. Минеральные примеси в кварцевых породах представлены в основном карбонатом и слюдой. Практически отсутствуют структурные примеси. В то же время для кварцитов характерно повышенное содержание газовой-жидких включений, наличие которых существенно увеличивает дефекты кварцевого стекла.

Приведенная характеристика кварценосных районов, полей и месторождений, перспективных на особо чистый кварц, позволила выявить основные элементы (признаки) названных таксонов и создать их обобщенные модели (таблицы 2 и 3). Модели носят прикладной характер и могут быть применимы на стадии прогнозно-поисковых работ. В то же время, особенности формирования месторождений особо чистого кварца позволяют сделать некоторые генетические выводы, которые могут быть положены в основу создания генетических моделей этого типа сырья с выявлением всей совокупности факторов, приводящих к формированию месторождений, включая источники флюидов и вещества, формы его переноса в зоны рудоотложения, причины и условия концентрирования [31].

Для кварценосных районов Урала, перспективных на данный вид сырья, необходимо подчеркнуть следующие особенности их формирования. Перспективные районы приурочены к шовной зоне Главного Уральского глубинного разлома, в пределах которого в условиях субдукцион-

ного режима образовались высокобарические эклогит-глаукофановые комплексы, которые активизировали породы фундамента. Кремнезем при этом извлекался не только из вмещающих пород в результате их динамометаморфизма, но и в процессе эклогитизации. По-видимому, масштабы кварцевой минерализации в высокобарических зонах предопределялись составом пород вовлеченных в зону субдукции. В уфалейской зоне высокобарические эклогитовые ассоциации сформировались по палеоконтинентальным и океаническим породам. На уровне формирования эклогитов произошло разделение химических элементов — Fe, Mg, Al, Ca, Ti вошли в состав эклогитовых парагенезисов, а Si, Na, и K мигрировали в более высокие горизонты на глубинный уровень развития дислокационного метаморфизма [10, 15, 20, 21, 26, 27]. В зоне рудоотложения в результате контрастности исходных пород возникли будинаж-структуры — благоприятные структуры локализации, что привело к формированию крупных по запасам месторождений.

В Сакмарском кварценосном районе высокобарические ассоциации (эклогиты) сформировались по породам океанской коры, практически, без участия континентальных пород. Преобразования эклогитов (глаукофанизация) привели к мобилизации кремнезема, но в масштабах меньших, чем на Уфале. Вмещающие породы отличались и однородностью по физико-механическим свойствам, что не способствовало созданию структурных ловушек, и кварцевая минерализация рассредоточилась по площади района в виде мелких кварцевых жил.

В Восточном Саяне тектоно-метасоматическим преобразованиям подверглась кремнисто-карбонатные породы чехла, надвинутые на породы фундамента. В результате углекислотного метасоматоза кремнистые породы были преобразованы в химически чистые кварцевые метасоматиты — суперкварциты.

Созданные обобщенные качественные модели прогноза могут служить основой для выявления аналогичных объектов на территории России в высокобарических зонах Горного Алтая, Приполярного и Полярного Урала [10, 26], а также Карело-Кольской провинции [9].

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Белковский А.И.* Высокобарические бластомилониты Уфалейского метаморфического блока (Средний Урал) // Магматизм и метаморфизм зоны сочленения Урала и Восточно-Европейской платформы. —Свердловск, 1985. С. 42—57.
2. *Белковский А.И.* Кыштымское месторождение прозрачного жильного кварца: геодинамическая, «возрастная» позиция и генезис кварцевых жил (Средний Урал) // Мат-лы международного семинара «Кварц. Кремнезем». —Сыктывкар, 2004. С. 189—191.
3. *Белковский А.И., Савичев А.Н.* Перспективы поисков месторождений особо чистого кварца в орогенах Уральского типа // Тез. докл. 3 Всеуральского металлогенического совещания «Металлогения и геодинамика Урала». —Екатеринбург, 2000. С. 286—288.
4. *Борисов Л.А., Серых Н.М., Федотов В.К., Быдтаева Н.Г.* и др. Минерально-сырьевая база кварцевого сырья России — состояние и основные направления ее развития // Неметаллические полезные ископаемые России: современное состояние сырьевой базы и актуальные проблемы научных исследований. Мат-лы 1 Всероссийской конференции по промышленным минералам. —М., 2004. С. 41—44.
5. *Борозновская Н.Н., Быдтаева Н.Г.* Люминесценция как индикатор микродефектности при оценке качества кварцевого сырья // Рудные месторождения. Минералогия. Геохимия. Вып. 3. —Томск, 2003. С. 12—27.
6. *Быдтаева Н.Г., Киселева Р.А., Яшин В.Н.* Геологические особенности формирования нового типа гранулированного кварца Гарганского кварценосного района (Восточный Саян) // Мат-лы международного семинара «Кварц. Кремнезем». —Сыктывкар, 2004. С. 185—187.
7. *Воробьев Е.И., Спиридонов А.М., Непомнящих А.И., Кузьмин М.И.* Сверхчистые кварциты Восточного Саяна (Республика Бурятия) // Докл. АН. 2003. Т. 390. № 2. С. 219—223.
8. *Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца.* —М.: Недра, 1988.
9. *Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щитцов В.В.* Кварцевое сырье Карелии. —Петрозаводск, 2004.
10. *Добрецов Л.Н.* Процессы коллизии в палеозойских складчатых областях Азии и механизмы эксгумации // Петрология. 2000. Т. 8. № 5. С. 451—473.
11. *Евстропов А.А., Бурьян Ю.И., Кухарь Н.С., Серых Н.М. и др.* Жильный кварц Урала в науке и технике / Геология основных месторождений кварцевого сырья. —М.: Недра, 1995.
12. *Емлин Э.Ф., Синкевич Г.А., Якишин В.И.* Жильный кварц Урала в науке и технике. —Свердловск: Средне-Уральское книжное изд-во, 1988.
13. *Иванов С.Н., Пучков В.Н., Иванов К.С.* и др. Формирование земной коры Урала. —М.: Наука, 1986.
14. *Жданов В.В.* Метасоматиты, опыт изучения и картирования. —С-Пб., 1999.
15. *Казанский В.И.* Рудоносные тектонические структуры активизированных областей. —М.: Недра, 1972.
16. *Кейльман Г.А.* Гнейсо-мигматитовые комплексы Урала. —М.: Недра, 1974.
17. *Красильников П.А.* Кварцевые жилы Кузнецкихинского месторождения гранулированного кварца // Разведка и охрана недр. 1999. № 3. С. 11—15.
18. *Кривоцов А.И.* Принципы классификации геологических формаций по роли в рудогенезе // Геология рудных месторождений. 1984. № 1. С. 67—71.
19. *Кузьмичев А.Б.* Тектоническая история Тувимо-Монгольского массива: раннебайкальский, позднебайкальский и раннекаледонский этапы. —М.: Пробел-2000, 2004.
20. *Летников Ф.А., Савельева В.Б., Бальшиев С.О.* Петрология, геохимия и флюидный режим тектонитов. —Новосибирск: Наука, 1986.
21. *Метаморфизм и тектоника /* Под ред. Е.В.Склярова. — М: Интернет инжиниринг, 2001.
22. *Мусафонов В.М., Серых Н.М.* Сырьевая база природного особо чистого кварца // Минеральные ресурсы России, состояние и перспективы развития. 1997. С. 7—10.
23. *Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А.* Карбонатиты Уфалейского гнейсо-мигматитового комплекса // Рудные месторождения: вопросы происхождения и эволюции. Мат-лы 4 Уральского металлогенического совещания. —Мин-асс, 2005. С. 23—26.
24. *Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Поленов Ю.А.* Минерагения шовных зон Урала. —Екатеринбург, 2004.
25. *Поленов Ю.А., Огородников В.Н., Сазонов В.Н., Савичев А.Н.* Закономерности размещения и условия образования особо чистого кварца (Уфалейский кварценосный район, Южный Урал) // Докл. РАН. 2005. Т. 40. № 2. С. 233—236.
26. *Родыгин А.И.* Динамометаморфические горные породы. —Томск: Изд-во Томского ун-та, 2001.
27. *Русинов В.Л.* Зоны сдвиговых деформаций в литосфере и их роль в эндогенной активности земли // Геотектоника. 2005. № 3. С. 66—78.
28. *Страшненко Г.И.* Прогнозно-поисковые работы на особо чистый кварц на Южном Урале // Разведка и охрана недр. 1999. № 3. С. 3—13.
29. *Страшненко Г.И., Мельников Е.П.* Метаморфогенные месторождения химически чистого жильного кварца // Разведка и охрана недр. 1989. № 6. С. 25—27.
30. *Фаворская М.А.* К вопросу о моделях рудных формаций и минеральных месторождений // Геология рудных месторождений. 1992. № 4. С. 14—21.
31. *Jung L.* High purity natural quartz. Quartz Tehnology, Inc., New Jersey. 1995.