

53. Geology and commercial assesment of graphite deposits in the eastern Fennoscandian Shield. Biske N, Skammitakaya L, Michailov V, Sarapaa O. //Comprehensive assesment of nonmetalliferous deposits.. 1990, Finish-Soviet Saintific-Technological Cooperation. P. 38-49.
54. Скамницкая Л.С., Галдобина Л.П., Бархатов А.В. Вещественный состав и обогатимость шунгитовых пород Толвуйской структуры // Материалы междунаро дного симпозиума «Углерод содержащие формации в геологической истории Условия формирования, рудоносность, физико-химия углерода, технологии» Петрозаводск, 2000. С. 149-161
55. Щитцов В.В., Астала Ю., Родионов В.С. Характеристика элементов-примесей в основных природных политипных кварцах территории Карелии // Геология и полезные ископаемые Карелии Петрозаводск: изд. Кар.НЦ РАН, 1998. Вып. 1. С. 129-137.
56. Щитцов В.В., Скамницкая Л.С., Астала Ю. Обогатимость кварца основных месторождений Карелии // Проблемы комплексной переработки минерального сырья и охраны окружающей среды. Москва, 1999. С. 230-239
57. Щитцов В.В., Данилевская Л.А., Гаранжа А.В., Родионов В.С. Прогнозно-минерагеническая оценка кварценоности Карелии //Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: изд. Кар.НЦ РАН, 2001. Вып. 4. С. 71-79
58. Данилевская Л.А., Гаранжа А.В. Месторождение жильного кварца Фенькина-Лампи: геолого-минералогические аспекты формирования, типоморфные свойства и оценка качества // Геолого-технологические исследования индустриальных минералов Фенноскандии: сб. ст., Петрозаводск. 2003. С. 29-38.
59. Данилевская Л.А. Комплексное исследование типоморфных свойств кварца при прогнозировании технологических показателей и оценки качества кварцевого сырья // Современные методы исследований как основа выявления новых типов руд и технологии их комплексного освоения: мат. Годичного собрания РМО. – СПб, 2006. С. 128-131.
60. Данилевская Л.А. Флюидные включения в кварце Карелии // Месторождения индустриальных минералов Фенноскандии: геология, экономика и новые подходы к переработке и использованию: материалы межд. конференции. Петрозаводск, 1999. С. 68-72
61. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С. Микровключения в кварце и их влияние на степень очистки при обогащении // Значение исследований технологической минералогии в решении задач комплексного освоения минерального сырья: Сб. статей. Петрозаводск: изд. КарНЦ РАН, 2007. С. 128-135.
62. Данилевская Л.А., Скамницкая Л.С., Щитцов В.В. Минералого-технологическая оценка и перспективы и использования сырья кварцевой жилы Меломайс (Карелия) // Обогащение руд. 2006. № 3. С. 11-15
63. Данилевская Л.А., Щитцов В.В. Прогноз перспективности нового кварценосного объекта Меломайс в Карелии // Разведка и охрана недр. 2007. №10. С. 33-36
64. Скамницкая Л.С., Данилевская Л.А. Выбор методов обогащения кварца на основе закономерностей распределения и форм нахождения в нем примесей (на примере участков Меломайс и Фенькина Лампи) // Новые методы технологической минералогии при оценке руд металлов и промышленных минералов: матер. 3 Всерос. Семинара по технологической минералогии. Петрозаводск: изд. КарНЦ РАН, 2009. С. 83-94
65. Данилевская Л.А., Раков Л.Т. Структурные примеси в кварце как важный критерий оценки качества кварцевого сырья и прогноза его технологических свойств // Результаты фундаментальных и прикладных исследований по разработке методик технологической оценки руд металлов и промышленных минералов на ранних стадиях геологоразведочных работ. Матер. Первого Российского семинара по технологической минералогии. Петрозаводск, 2006. С. 119-124
66. Щитцов В.В. О комплексности месторождений индустриальных минералов Карелии // Мат.межд.совещания «Плаксинские чтения-2005» Современные проблемы комплексной переработки природного и техногенного минерального сырья. СПб, 2005. С.141-142

## **НОВЫЕ ДАННЫЕ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ КИАНИТОВЫХ РУД КЕЙВ**

***Нерадовский Ю.Н., Войтеховский Ю.Л., Карпов С.М.***

Учреждение Российской академии наук Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты

Классификация и наиболее полная технологическая характеристика кианитовых руд кейвских месторождений подробно изложена в работах И.В. Белькова [1, 2]. Классификация включает 5 типов и 7 разновидностей руд (табл. 1). В её основу положено разделение руд по текстурно-структурным особенностям, которые в первую очередь определяют технологические свойства руд. Поскольку содержание кианита в сланцах непостоянно, принято деление руд на богатые (>40%), средние (40-30%), бедные (30-20%) и убогие (<20%). Эта классификация широко использована при анализе технологических свойств кейвских руд [3, 4, 5].

Роль разных типов руд в формировании месторождений неодинакова. Наибольший объём составляют волокнисто-игольчатые (61.9%), менее развиты параморфические (35.7%) и конкреционные руды (2.4%). Они значительно различаются размерами агрегатов и индивидов кианита (табл. 2). Отличительные особенности типов руд контрастно выражены в морфологии агрегатов кианита. В минеральном и химическом составе различия менее значительные (табл. 3, 4). Исключение – порфиробластические руды с резко пониженным содержанием углеродистого вещества и повышенным – мусковита.

Таблица 1. Классификация кейвских кианитовых руд [1, 2]

Тип	Разновидность	Преобладающие содержания кианита			
		Богатые	Средние	Бедные	Убогие
Волокнисто-игольчатый (тонкопризматический)	Параллельно-волоконистая	-	++	+	+
	Сноповидно-волоконистая	+	++	-	-
	Радиально-волоконистая	+	++	+	-
Параморфический	Крупнопараморфическая	-	++	++	+
	Мелкопараморфическая	+	++	+	-
Конкреционный	Крупноконкреционная	+	++	++	-
	Мелкоконкреционная	-	+	++	-
Порфиробластический	-	-	++	++	++
Конкреционно-параморфический	-	-	++	+	+

Примечание: ++ наиболее типично, + менее распространено, – практически отсутствуют

Таблица 2. Размеры агрегатов и индивидов кианита в разных типах руд

Тип	Разновидность	Размеры агрегатов		Размеры индивидов	
		Длина	Толщина	Длина	Толщина
1. Волокнисто-игольчатые	1а. Параллельно-волоконистые 1б. Сноповидно-волоконистые 1в. Радиально-волоконистые			2-3 см	0.01-0.3 мм
2. Параморфические	2а. Крупно-параморфические 2б. Мелко-параморфические	до 30-40 см	3-5 см* 0.5-1 см		
3. Конкреционные	3а. Крупно-конкреционные 3б. Мелко-конкреционные		3-5 см 2-3 см		
4. Порфиробластические	-			5-10 см	0.2-1 см
5. Конкреционно-параморфические	-				

Примечание: \*размеры поперечного сечения параморфоз

Таблица 3. Главные признаки и минеральный состав различных типов кианитовых руд

Тип	Морфологические особенности	Главные минералы	Второстепенные и редкие минералы
Волокнисто-игольчатые	Выделение кианита в сланцах в форме тонких волокон или игольчатых призм, не имеющих кристаллического ограничения. Волокна и призмочки собраны в веретенообразные, сноповидно– или радиально-лучистые порфиробластические агрегаты, закономерно ориентированные в породе.	Кварц Кианит Мусковит	Мусковит, углеродистое вещество, ставролит, плагиоклаз, пирротин, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, магнетит, апатит, циркон, диксит, парагонит, лимонит.
Параморфические	Выделение кианита в виде параморфических агрегатов по хиастолиту, как правило, преимущественная ориентировка кианитовых параморфоз отсутствует.	Кварц Кианит Мусковит	Углеродистое вещество, ставролит, плагиоклаз, пирротин, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, магнетит, ортит, клиноцоизит, апатит, циркон, диксит, лимонит.
Конкреционные	Узловатая текстура, вследствие присутствия округлых или эллипсоидальных конкреционных стяжений кианита, заключённых в тонкозернистую слюдисто-кварцевую ткань породы.	Кварц Кианит Мусковит	Углеродистое вещество, ставролит, плагиоклаз, пирротин, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, магнетит, ортит, клиноцоизит, апатит, циркон, диксит, лимонит.
Порфиробластические	Выделение кианита в виде порфиробластов или идиобластов нередко гигантского размера.	Мусковит Кварц Кианит Плагиоклаз.	Ставролит, пирротин, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, магнетит, ортит, клиноцоизит, апатит, циркон, лимонит.
Конкреционно-параморфические	Выделение кианита одновременно в виде крупных параморфоз и конкреций.	Кварц Кианит Мусковит	Углеродистое вещество, ставролит, плагиоклаз, пирротин, рутил, ильменит, пирит, халькопирит, магнетит, ортит, клиноцоизит, апатит, циркон, диксит, лимонит.

Средний минеральный состав кианитовых руд по данным И.В. Белькова [2] составляет для руды среднего качества (%): кианит 35, кварц 40, мусковит 10, ставролит 5, плагиоклаз 5, рутил + ильменит 1, сульфиды железа 2, графит и прочие минералы 2; для руды высокого качества: кианит 37-40, кварц 50-55, прочие минералы в сумме не более 10-12. Исследования химического состава кианитовых руд разных месторождений показали, что существенных различий в составе между ними не наблюдается. Отмечается обогащение  $Al_2O_3$  в месторождениях с преобладанием конкреционных руд, что соответствует повышенной концентрации кианита в них. Результаты химических анализов руд [1, 2, 4], включая технологические пробы, показали, что игольчатые руды в отличие от конкреционных беднее  $Al_2O_3$ , но содержат больше щелочей, конкреционные обогащены  $Al_2O_3$ , Fe и, вероятно, более углеродистые. Об этом свидетельствует высокое содержание выгорающего компонента (ппп), к которому обычно относят  $H_2O$ , S и C. Количество  $H_2O$  и C по данным анализов не может компенсировать потери при прокаливании (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав кианитовых руд разных типов\*

Элементы	Тип руды			
	1(4)	2(7)	3(4)	5(1)
SiO <sub>2</sub>	<u>60,00-64,32</u> 61,98	<u>54,75-66,30</u> 60,63	<u>60,25-63,19</u> 61,24	60,84
TiO <sub>2</sub>	<u>0,94-1,21</u> 1,12	<u>0,66-1,14</u> 0,96	<u>1,07-1,25</u> 1,16	1,19
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<u>27,98-31,54</u> 28,84	<u>28,83-35,56</u> 32,17	<u>30,86-39,98</u> 33,19	31,41
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO	<u>0,68-2,07</u> 1,27	<u>0,31-2,19</u> 1,21	<u>0,57-2,28</u> 1,46	1,25
MgO	<u>0,02-0,40</u> 1,67	<u>0,03-0,78</u> 0,29	0,17-0,18	0,23
CaO	<u>0,26-0,50</u> 0,31	<u>0,04-1,25</u> 0,43	<u>0,19-0,52</u> 0,35	0,34
Na <sub>2</sub> O+ K <sub>2</sub> O	<u>1,86-2,41</u> 2,15	<u>0,39-2,63</u> 1,26	<u>0,83-1,98</u> 1,20	1,60
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	<u>0,08-0,17</u> 0,09	(0,02-0,11)	(0,17-0,30)	0,19
MnO	(0,007)	(0,04)	(0,01-0,05)	-
H <sub>2</sub> O-+ H <sub>2</sub> O+	(0,09-1,01)	(0,04-1,18)	(0,05-0,2)	0,09
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(0,023-0,027)			
ппп	(1,31-2,12)	<u>1,1-3,65</u> 2,45	<u>1,19-3,66</u> 2,79	3,28
SO <sub>3</sub>	(0,05-0,07)			
S	(0,41-0,97)	(0,24)	(0,2-0,36)	-
C	(0,59-1,14)	(1,1-1,74)		
Сумма	<u>99,13-100,98</u> 99,93	<u>99,39-100</u> 99,91	<u>100,41-100,97</u> 100,63	100,42

Примечание: прочерк – не обнаружено, в скобках – число проб и единичные определения, пустая клетка – нет данных

### **Текстура, структура и минеральный состав пробы КИ-2009**

В 2009 г. возобновлены исследования обогатимости кейвских руд. На месторождении Новая Шуурурта отобрана технологическая проба (1 т) конкреционных руд. Ниже публикуются новые результаты исследования ее текстурно-структурных особенностей. Исследования текстуры в разрезах образцов позволили выделить в руде четыре компонента: кианитовые конкреции, кианитовые параморфозы, слюдисто-кварцевый субстрат и слюдисто-кварцевыми прожилки.

### **Минеральный состав руды КИ-2009 (табл. 5)**

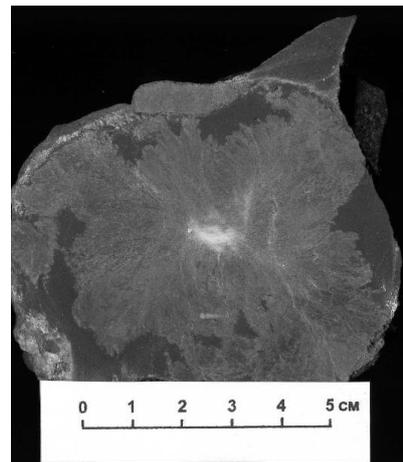
Главные минералы: кианит, кварц, мусковит, графит, рутил. Второстепенные минералы: пирротин. Редкие минералы: пирит, пентландит, сфалерит, галенит, алтаит, халькопирит, гидроксиды Fe. К основным текстурным элементам руды относятся: конкреции, параморфозы, кварцевый субстрат и слюдисто-кварцевые прожилки.

### **Конкреции**

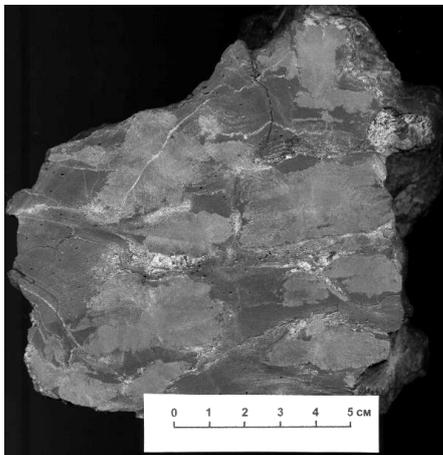
Согласно классификации И.В. Белькова, технологическая проба представлена конкреционным типом с примесью до 10% конкреционно-параморфической руды (рис. 1). Судя по содержанию мелких и крупных конкреций, руда относится к промежуточной разновидности (табл. 2). Главные элементы строения руды: конкреции, параморфозы, вмещающий субстрат и мусковито-кварцевые прожилки по плоскостям расланцевания. Кианит сосредоточен в конкрециях и параморфозах.



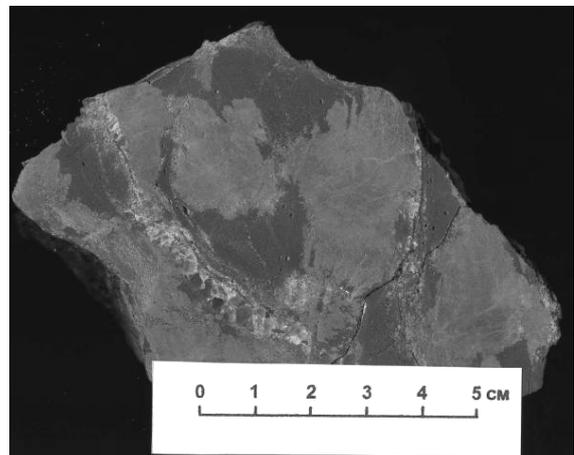
**Рис. 1. Типичная узловатая текстура конкреционно-параморфической руды КИ-2009**



**Рис. 2. Поперечный разрез крупной конкреции: радиально-лучистый агрегат кианита, в центре – осветленный кианит, вокруг конкреции – обрамляющий кварцево-слюдистый прожилок**



**Рис. 3. Поперечный срез конкреционной руды с мелкими конкрециями кианита (светло-серое) и продольными прожилками кварц**

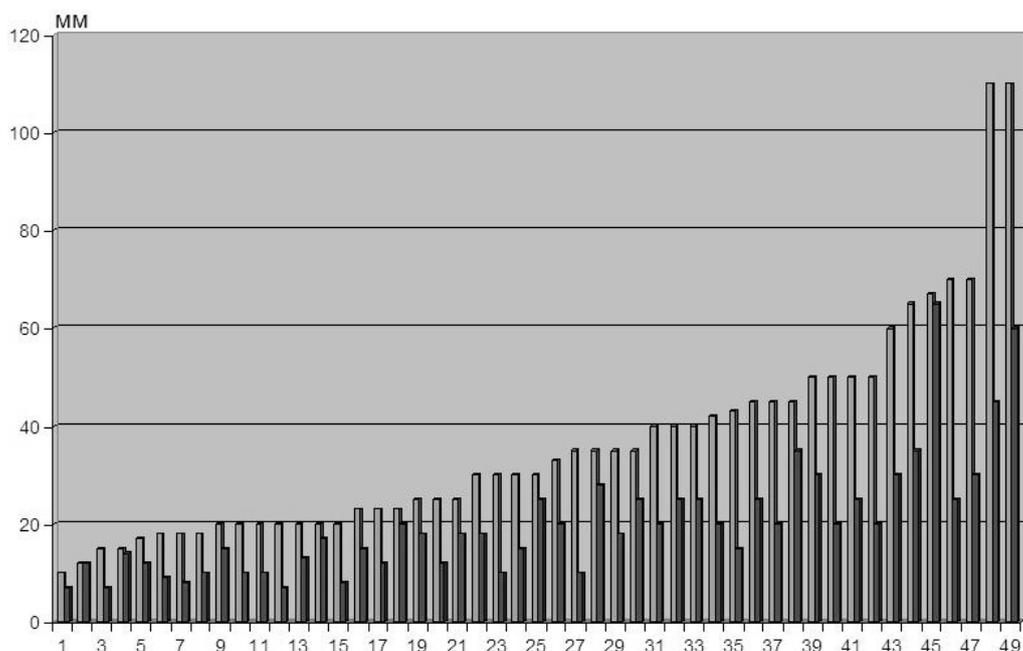


**Рис. 4. Слюдисто-кварцевые прожилки в срезе конкреционной руды с мелкими конкрециями кианита (светло-серое)**

Конкреции представляют собой уплощенные чечевицеобразные плотные образования. Они сложены радиально-лучистыми агрегатами игольчатого кианита. Конкреции хаотически распределены в кварцевом субстрате, подчинены сланцеватости и удлинением ориентированы по ней (рис. 2, 3). Сланцеватость подчеркнута многочисленными слюисто-кварцевыми прожилками по плоскостям скольжения (рис. 4, 5), которые часто обрамляют крупные конкреции.



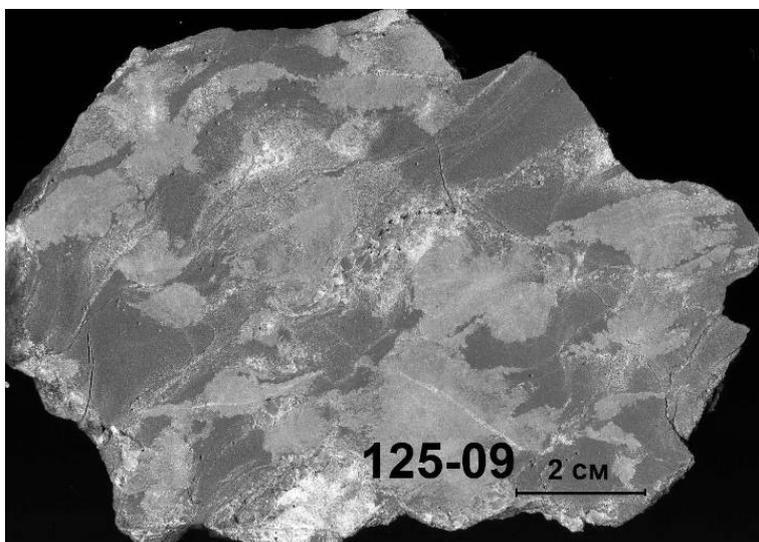
**Рис. 5. Слюдисто-кварцевые прожилки (белое) на поверхности образца руды**



**Рис. 6. Диаграмма размеров (серый – наибольший, черный – наименьший)**

Конкреции обычно имеют лучистую структуру: пучки кианитовых кристаллов направлены от центра к периферии, в крупных конкрециях они растут несколькими слоями и заканчиваются в слюдисто-кварцевом субстрате (рис. 2). В центральной части крупных конкреций с радиально-лучистой текстурой иногда встречаются пятна белого кианита. В местах сгущения количества конкреций их размер уменьшается и они переходят в прожилки кианита (рис. 7).

В составе конкреций присутствует около 90% кианита (вариации 75-97, табл. 5), остальное составляют кварц (1-20%), мусковит (0-3%), рутил (0.1-2%) и графит (1-5%). Графит окрашивает конкреции в серый цвет, в отличие от белых и розовых параморфоз, в которых графит отсутствует.



**Рис. 7. Развитие мелких конкреций кианита (серое) в кварце (темно-серое). Видны сложные по форме конкреции, частью прожилкового типа**

Кварц образует включения в кианите, особенно в краевых частях конкреций (рис. 8). Поэтому содержание кианита в краевых частях конкреций ниже, чем в центральных. Размеры включений кварца менее 10 мкм.

Мусковит присутствует неравномерно, преимущественно в краевых участках конкреций, и концентрируется между зернами кианита.

Графит постоянно присутствует в конкрециях, обычно равномерно рассеян между зернами кианита (рис. 9) и в сами зёрна кианита не входит. Размеры пластинчатых зерен графита менее 7 мкм

Таблица 5. Минеральный состав пробы кианитовой руды КИ-2009.

Текстурный элемент	Параметры	Кианит	Кварц	Мусковит	Рутил	Графит	Примеси
Конкреции	Содержание, %	75-97	1-20	0-3	0,1-2	1-5	Пирротин, галенит
		Среднее 89	8		1	2	е.з.
	Размеры зерен, мм	Поперечное сечение 0,05-0,4	0,1	не опр.	0,03-0,2	0,005-0,075	0,005-0,01
		Удлинение до 1					
Параморфозы	Содержание, %	40-85	7-50	5-10	< 1	< 1	Пирротин, халькопирит, пентландит, сфалерит, галенит, алтаит, ковеллин
		Среднее 70	22	7			е.з.
	Размеры зерен, мм	Чистые блоки 0,2-0,6					
Кварцевый субстрат	Содержание, %	Нет	80-95	1-10	1-5	3-10	Пирротин, пирит
			88	6	2	5	
	Размеры зерен, мм		0,05-0,09 (0,7)	0,015-0,7	0,015-0,25	0,003-0,025	
Слюдисто-кварцевые прожилки	Содержание, %	Нет	85-93	5	1-10	0-1	Нет
	Размеры зерен, мм		5				

Рутил присутствует в конкрециях постоянно, может входить в виде очень мелких включений в кианит или обособляться среди кианита (рис. 10). В последнем случае в нём обычна примесь пирротина. Микровключения рутила в кианите составляют первые микроны (<5 мкм). Межзерновые выделения рутила более крупные – до 0.2 мм.

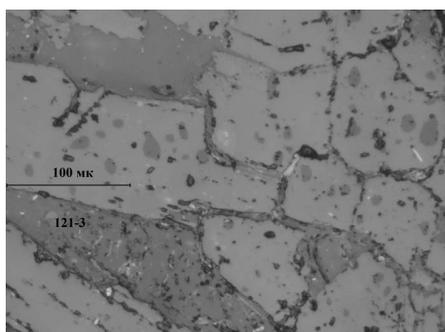


Рис. 8. Включения кварца в кианите (ситовидные зерна) на периферии конкреции. Отраженный свет

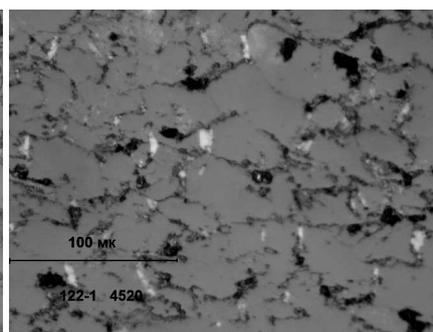


Рис. 9. Графит (светло-серое) среди зерен кианита

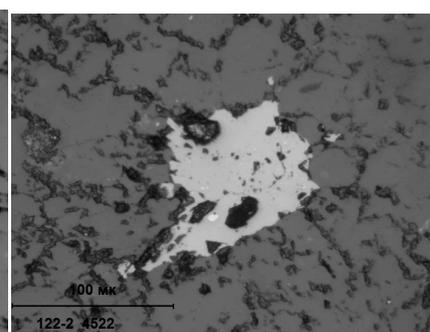


Рис. 10. Рутил (светло-серое) среди зёрен кианита в конкреции, в рутиле включения пирротина (белое)

### Параморфозы

Параморфозы располагаются среди кианитовых конкреций часто имеют сложную угловатую форму, близкую к изометрической (рис. 11), но преобладают и удлиненные (рис. 12). Как и конкреции, параморфозы имеют линзовидную форму. Размеры параморфоз варьируют от 10 × 10 до 100 × 45 (рис. 13), составляя в среднем для 12 измеренных параморфоз 45.4 × 25.3 мм. Отношение длины к толщине составляет 1.8, как и у конкреций.

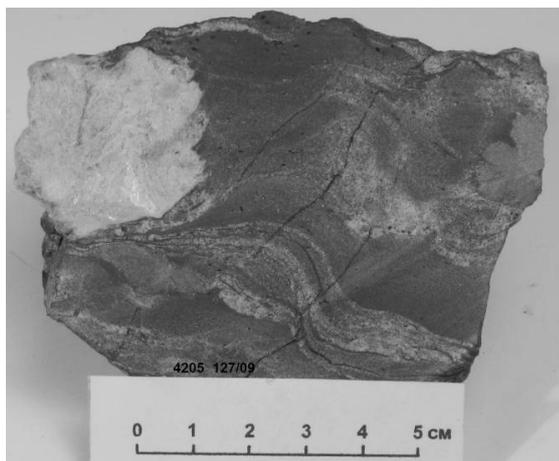


Рис. 11. Параморфический кианит в конкреционной руде. Поперечный срез. Белое – слюисто-кварцевые прожилки

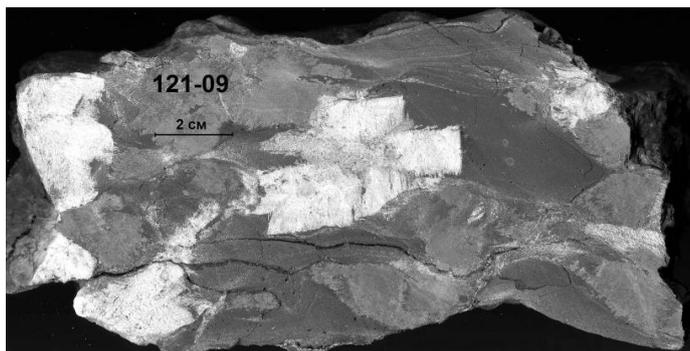


Рис. 12. Разнообразные формы выделения параморфического кианита (белое) среди конкреционного кианита (светло-серое)

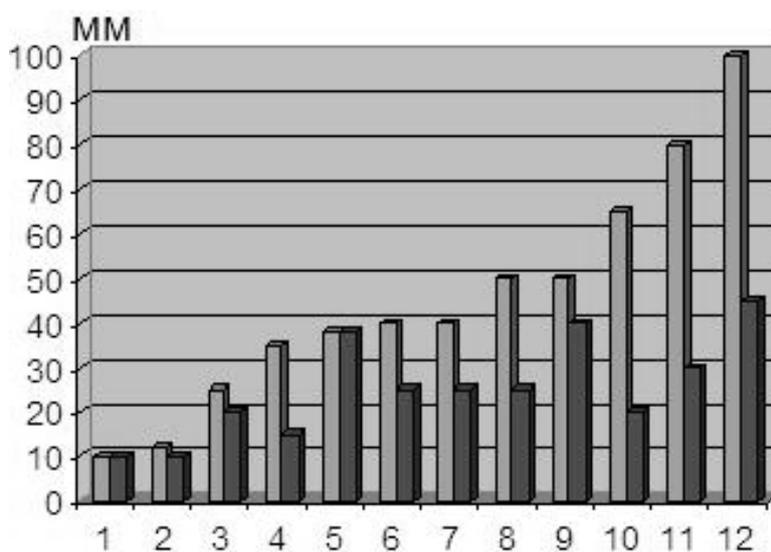
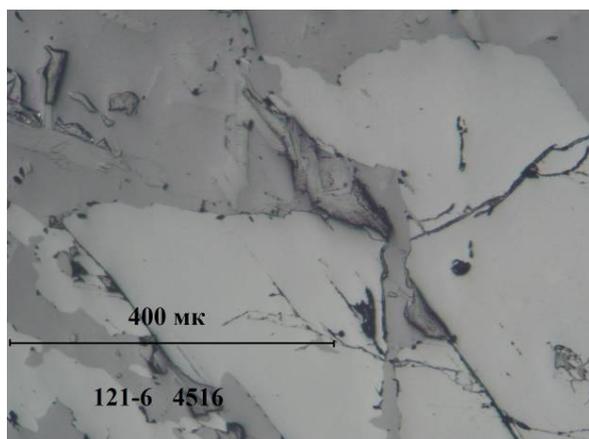


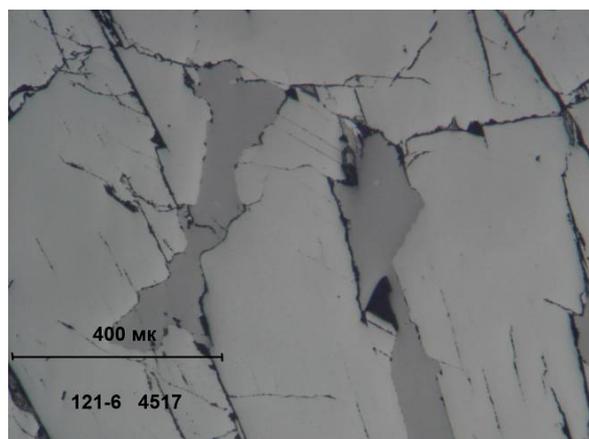
Рис. 13. Размеры параморфоз по удлинению (светло-серый) и в поперечном направлении (темно-серый)

### *Минеральный состав параморфоз*

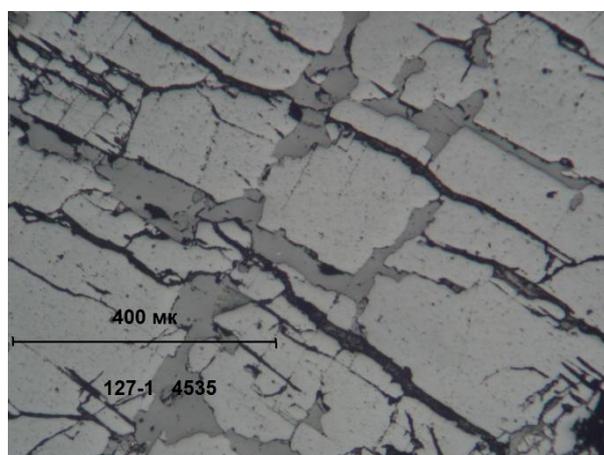
Параморфозы сложены крупными зернами кианита, но они сильно трещиноваты, разбиты на блоки и содержат множество включений. Поэтому объём кианита в параморфозах всего около 70% (вариации 40-85%, табл. 5), остальное составляют кварц (7-50%), мусковит (5-10%), примеси рутила и графита до 1% и единичные зерна сфалерита, галенита, пирротина, алтаита, халькопирита и ковеллина. В отличие от конкреций, в параморфозах блоки чистого кианита почти в 2 раза больше – 0.2-0.6 мм. Все минералы, кроме графита, встречаются в параморфозах в виде включений в кианите. Наиболее сложные взаимоотношения у кианита с кварцем (рис. 14-17). Весь кианит в параморфозах насыщен сложными угловатыми включениями чистого кварца. Наблюдаются прожилки по трещинам, в которых кварц ассоциирует с другими минералами.



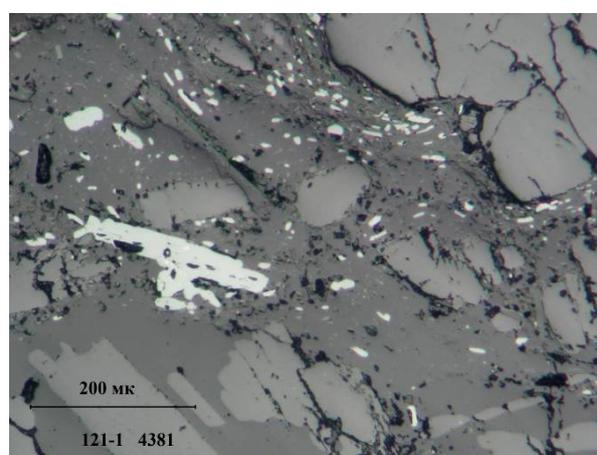
**Рис. 14 . Краевая часть параморфозы: зёрна кианита (серое) на контакте с кварцем (тёмно-серое) и мусковитом**



**Рис. 15 . Средняя часть параморфозы: включения кварца (тёмно-серое) в кианите**

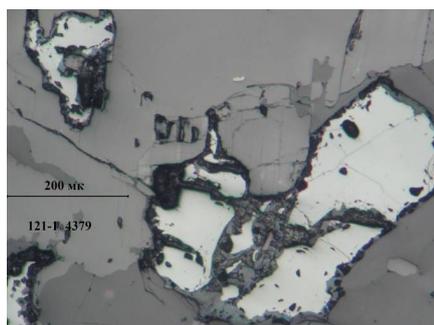


**Рис. 16. Средняя часть параморфозы: прожилки кварца (тёмно-серое) в кианите (серое) по зоне дробления**

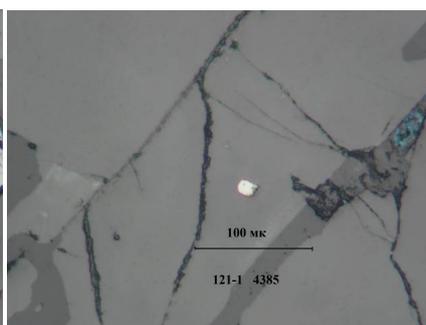


**Рис. 17. Кварц-рутиловый прожилок, секущий параморфозу кианита**

Сульфиды в параморфозах, как правило, включены в кианит (рис. 18-20), но тяготеют к трещинам, а также к рутилу.



**Рис. 18. Вростки сфалерита (белое) в кианите. По краям сфалерита – ковеллин**



**Рис. 19. Включение галенита (белое) в кианите, в трещинке – кварц и ковеллин (темно-серое)**

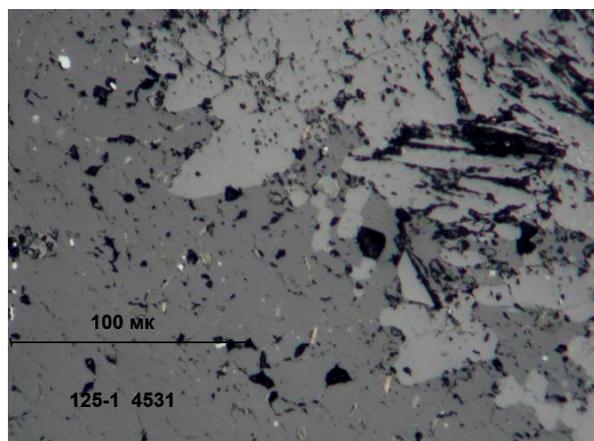


**Рис. 20. Включения пирротина (белое) в кианите (серое)**

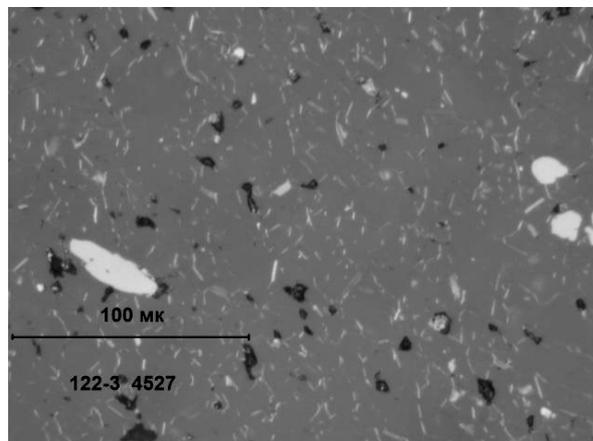
### ***Кварцевый субстрат***

Конкреции и параморфозы кианита находятся в кварцевом агрегате, слагающем основную часть сланцев. Он является вмещающим для конкреций и параморфоз и тесно перемежается с ними, что позволяет относить его к субстрату (рис. 21). Субстрат представляет тонкозернистый агрегат: кварца (88 %, вариации 80-95%, табл. 5) с примесью мусковита (6%, вариации 1-10%), графита (5%, вариации 3-10%) и рутила (2%,

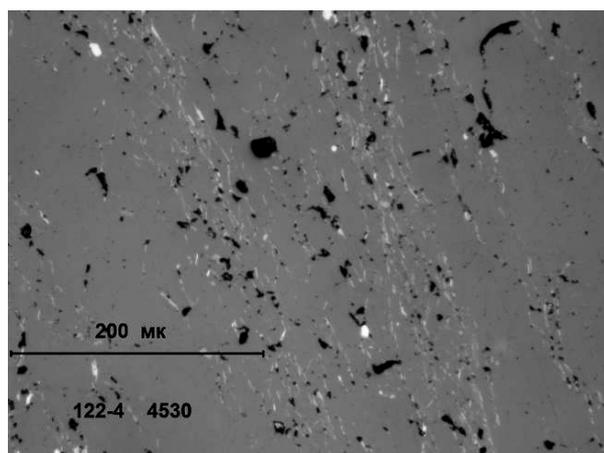
вариации 1-5%) (рис. 22-24). В его составе отсутствует кианит, отмечены пирит и редкие зерна пирротина в рутиле. Размеры зерен кварца менее 0.1 мм (0.05-0.09 мм). Субстрат пересекается зонами рассланцевания, разбит на клиновидные блоки. В отдельных блоках размеры зерен кварца увеличиваются до 0.7 мм. По тектоническим швам между блоками развиты жилки, обогащённые мусковитом и рутилом или графитом. Включения тонкозернистого графита дают чёрный цвет кварца в субстрате. Это отличает его от более позднего чистого жильного кварца.



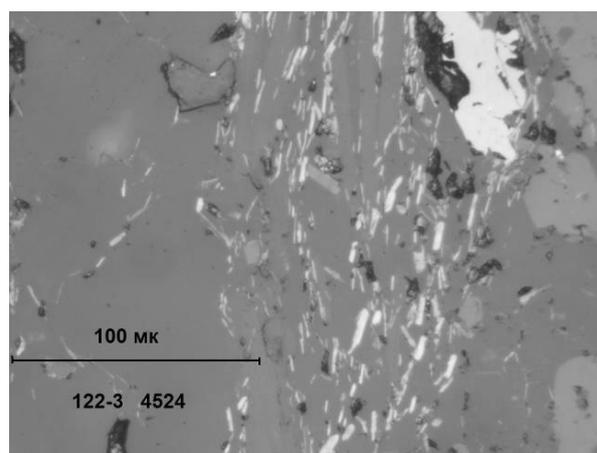
**Рис. 21. Массивная текстура кварцевого субстрата (слева) на границе с конкрецией (справа): идиоморфные кристаллы кианита располагаются в тонкозернистом кварце с примесью графита и рутила**



**Рис. 22. Типичная массивная текстура слабонарушенного кварцевого субстрата с графитом (мелкая светлая вкрапленность) и рутилом (крупные белые зерна) на удалении от контакта с конкрециями и параморфозами**



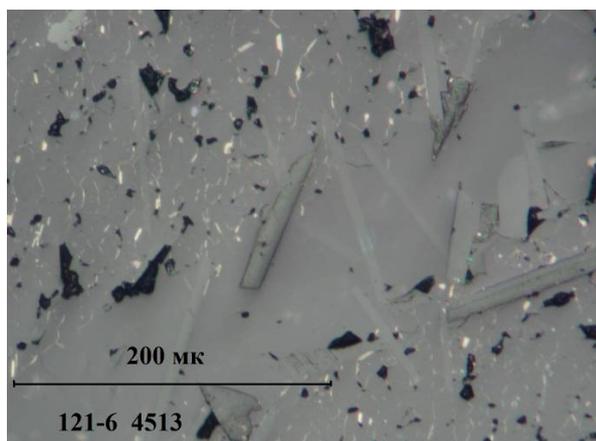
**Рис. 23. Полосчатая текстура кварцевого субстрата с неравномерным распределением графита**



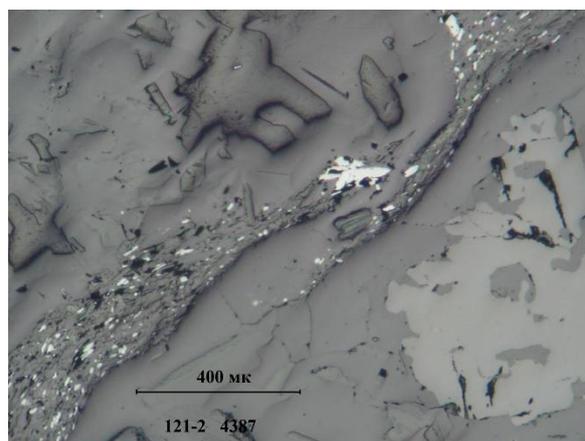
**Рис. 24. Обогащение кварцевого субстрата графитом (светлые игольчатые выделения) и рутилом (крупные светло-серые выделения)**

### ***Слюдисто-кварцевые прожилки***

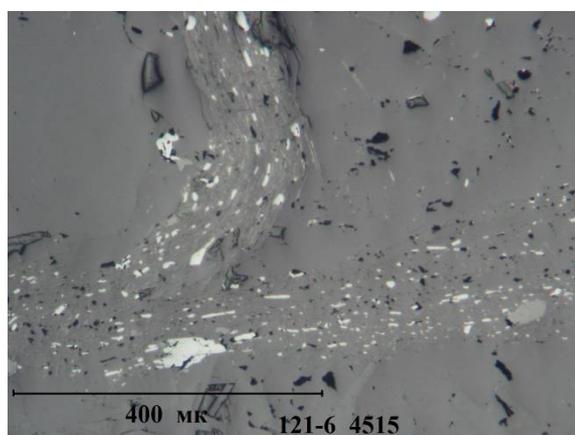
Кроме кварцевого субстрата кианитовая руда содержит многочисленные слюдино-кварцевые прожилки, приуроченные к плоскостям сланцеватости. Мощность прожилков до 5 мм. В основном они проходят по кварцевому субстрату (рис. 25), но пересекают параморфозы и конкреции. Конкреции обычно «обтекаются» ими, обрамляются по плавным плоскостям сланцеватости. Минеральный состав прожилков: кварц 85-93%, мусковит 5%, рутил 1-10%, графит 0-1%. Они не содержат кианита. Примесь рутила и графита в кварце возрастает в тонких прожилках. В более мощных прожилках чистого кварца обычно присутствуют тонкие прожилки по плоскостям скольжения, обогащённые мусковитом и рутилом (рис. 26). Они часто пересекаются, переходят один в другой (рис. 27) согласно плоскостям рассланцевания.



**Рис. 25. Слюдисто-кварцевый прожилок в субстрате: видны продолговатые пластинки слюды в чистом кварце**



**Рис. 26. Слюдисто-кварцевый прожилок, обогащённый рутилом**



**Рис. 27. Сочленение двух слюдисто-кварцевых прожилков, обогащённых рутилом**

### **Заключение**

Анализ текстурно-структурных особенностей и минерального состава технологической пробы, без учёта химического состава кианита и руды в целом, позволяет предположить возможность предобогащения кианита. С учётом размеров конкреций и параморфоз, рекомендуемые размеры частиц руды для предварительного обогащения могут быть 45, 37, 25 и 20 мм. При этом измельчении могут раскрыться конкреции и параморфозы. Оценочная средняя плотность конкреций с учётом включений кварца и без учёта пористости равна  $3.43 \text{ г/см}^3$ , параморфоз  $3.27 \text{ г/см}^3$ .

Суммарный объём конкреций и параморфоз составляет 48% объёма руды. Но можно предполагать, что конкреции будут переизмельчаться и не будут раскрываться в виде крупных частиц, поскольку они легко раскалываются. Конкреции, напротив, представлены агрегатом игольчатых кристаллов и должны быть устойчивыми к измельчению. Следует ожидать максимального извлечения продукта 40-43% при содержании кианита в нём до 89%.

Раскрытие кианита при измельчении зависит от размеров зёрен, которые варьируют от 0.05-0.4 мм в конкрециях до 0.2-0.6 мм в параморфозах. Оптимально измельчение до 0.2 мм, что позволит раскрыть основную массу зерен кианита в конкрециях и не допустить его переизмельчения в параморфозах.

В легкую фракцию при предобогащении должен перейти кварцевый агрегат субстрата и жильный кварц. Дальнейшее измельчение этого продукта позволит раскрыть рутил, графит и мусковит, которые могут быть частично извлечены флотацией. Но размеры графита и мусковита так малы, что их эффективное извлечение затруднительно.

Прямое извлечение сульфидной фракции из технологической пробы маловероятно, поскольку свободных сульфидов практически нет, а пирротин включён в рутил и должен извлекаться с ним. Зёрна пирротина значительно мельче зёрен рутила, что требует переизмельчения последнего для извлечения пирротина. Только опыты покажут, насколько эффективно сульфид будет извлекаться в рутиловый концентрат.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бельков И.В.* Кианитовые сланцы свиты кейв. Геологическое строение, кристаллические сланцы и кианитовые руды. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 322 с.
2. *Бельков И.В.* Кианитовые месторождения // Минеральные месторождения Кольского полуострова. Л.: Наука, 1981. С. 163-177.
3. *Богданова В.С. и др.* Отчет по отбору технологической пробы крупно-конкреционных кианитовых руд месторождения Н. Шуурурта. Апатиты, 1969. Фонды ФГУП.
4. *Алексеев В.С.* Обогащение кианитовых руд // Освоение минеральных богатств Кольского полуострова. Мурманск: Мурманское кн. изд-во, 1974. С. 191-211.
5. *Алексеев В.С.* Теория и практика обогащения кианитовых руд. Л.: Наука, 1976. 199 с.

## АЛЮМИНИЕВОЕ СЫРЬЕ, НОВЫЕ МЕТОДЫ И ПОДХОДЫ ГЛУБОКОЙ И КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

*Вахрушев А.В., Котова О.Б.*

Учреждение Российской академии наук Институт геологии Коми научного центра УрО РАН, г. Сыктывкар

Алюминиевое производство в России одно из ведущих в мире, но, несмотря на это, собственного глиноземного сырья все-таки не хватает, а запасы бокситов в основном низкого качества. Из-за большого дефицита бокситового сырья Россия импортирует большие объемы из Австралии, Казахстана и других стран. Анализ сырьевых ресурсов бокситорудных районов Российской Федерации показал, что месторождения Тиманского региона (Республика Коми) являются реальным перспективным потенциалом сырьевой базы алюминиевой промышленности страны.

В Республике Коми выделяются два бокситоносных района среднедевонского и нижнекаменноугольного возрастов. Первый – это **Среднетиманский бокситорудный район**, представленный шестью месторождениями, включая Ворыквинскую группу: Вежаю-Ворыквинское, Восточное, Верхнешугорское месторождения этой группы разведаны и доведены до промышленного освоения. Второй – это **Южнотиманский бокситорудный район**, представленный бокситами осадочного происхождения. Средний минеральный состав бокситов в главных залежах южнотиманских месторождений приведен в работах [1, 2]. Основные разведанные и уточненные запасы бокситов представлены тремя промышленными месторождениями – Тимшерское, Пузлинское и Кедвинское. Уточненные запасы бокситов по категориям С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> составляют 60% от разведанных запасов Ворыквинской группы месторождений.

Основные запасы бокситов Среднего Тимана сосредоточены на Вежаю-Ворыквинском месторождении. Бокситы месторождения характеризуются различным качеством. Около 80% руд пригодны для переработки по способу Байера, 20% составляют спекательные руды. Основные рудообразующие минералы бокситов Вежаю-Ворыквинского месторождения представлены бемитом, гематитом, шамозитом, каолинитом, примеси составляют гидрослюда, кварц, рутил.

В результате геологического картирования месторождения выявляется, что выделяемые три типа руд не имеют четкой геометризации. Типы руд различаются по литолого-минералогическим показателям [3]. Необходимо подчеркнуть, что первый тип (гематит-бемитовый, красноцветные бокситы) составляет 77,7%, второй тип (гематит-шамозит-бемитовый, пестроцветные бокситы) – 19%, третий тип (каолинит-шамозит-бемитовый, пелитоморфные обеленные и красноцветные бокситы) – 3,3%.

Среднетиманский бокситовый рудник (СТБР) как горнодобывающее предприятие был введен в действие ОАО “Боксит Тимана” в 1998 г. на основе сырьевой базы месторождения бокситов Ворыквинской группы. Эти бокситы по качественным характеристикам подразделяются на сорта: глиноземные, маложелезистые, абразивные, а по способам переработки делятся на байеровские и спекательные.

Бокситы глиноземистых сортов являются основным объектом добычных работ и направляются на переработку на Уральский, Бокситогорский и другие алюминиевые заводы России. Кроме того, бокситы поставляются на абразивные заводы.

Добыча руды на СТБР осуществляется как с применением традиционного буровзрывательного способа, так и с применением добычного комбайна фирмы Man Takraf, обеспечивающего тонкослоевую выемку руды, что позволяет вести селективную отработку руды. Из-за ограниченности запасов алюминиевого сырья необходима его глубокая комплексная переработка и рациональное использование. Уже при послонной выемке белоцветные бокситы худшего качества, как и низкожелезистые глинисто-глиноземистые породы и каолины извлекаются отдельно и могут быть использованы для производства цемента, минеральных сорбентов, коагулянтов и в других отраслях промышленности. Качество оперативно контролируется в экспертной лаборатории рудника с использованием современных экспресс-анализаторов и компьютерной техники.

Ресурсный потенциал бокситов Тиманского региона выявлен еще не в полной мере. Он может быть увеличен в результате доизучения месторождений (например, Светлинского) и прилегающих площадей, а также открытия новых.