

6. Чайковский И.И., Кадебская О.И. Минеральные образования подземных горячих источников Баксанской нейтринной обсерватории (г. Курмутау, Приэльбрусье) // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении: науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского / ПГНИУ [и др.]. – Пермь, 2016. – Вып. 19. – С. 66-80.
7. Наумкин Д.В., Осетрова О.И. Палеонтологическая коллекция музея карста и спелеологии Горного института УрО РАН. Создание постоянной выставки // Грибушинские чтения – 2019. Кунгурский диалог: тез. докл XI Междунар. соц.-культ. форума. – Пермь, 2019. – С. 513-519.
8. Михайлова И.А., Бондаренко О.Б. Палеонтология: учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: МГУ, 2006. – 592 с.: ил.
9. Naumkin D.V. Promysla – a location of marine invertebrates during middle-upper ordovicien period (perm region) // Science and Society: 14th International Scientific and Practical Conference, 27-29 November 2019. – London, 2019. – P. 44-51.
10. Шунтов В.П. Зигзаги рыбохозяйственной науки (Субъективные заметки). – Владивосток: Изд. центр ТИПРО, 1994. – 367 с.

УДК 553.632; 553.3.072

DOI:10.7242/echo.2021.1.6

## НЕКОТОРЫЕ МИНЕРАЛОГО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕФТЕТИТАНОВЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЯРЕГА

А.Ф. Сметанников, О.В. Коротченкова, Д.В. Оносов

*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Рассматриваются особенности проявления в нефтетитановых рудах регенерированных титановых минералов, образование которых обусловлено проявлением пострудных процессов. Высказывается мнение о возможности влияния термических процессов на изменение состава продуктов флотационного обогащения нефтетитановой руды.

**Ключевые слова:** нефтетитановые руды, диоксиды титана, регенерация, флотоконцентрат, кварц, высокотемпературный обжиг, сульфиды, обогащение, монацит, ксенотим.

### Введение

Нефтетитановая руда представляет собой мелко и среднезернистый кварцевый песчаник, с вкраплениями кварц-лейкоксового агрегата и пропиткой тяжелой нефтью. Выделяется два типа руд.

В основном типе, представленном тонковкрапленными рудами, отмечены обособления (2 тип руд) представленные агрегатом сульфидов, диоксидов титана в сростании с кварцем и агрегатов тех же минералов, но с признаками регенерации, которая выражается в изменении состава диоксидов титана, с уменьшением содержания компонентов представляющих вредные примеси (Al, Si, и др.).

Выделяется несколько типов агрегатов титановых и сопутствующих им минералов.

Это агрегаты кварц-лейкоксового состава, агрегаты того же состава, но со следами регенерации, которая выражается в формировании в пределах этих агрегатов диоксидов титана без вкраплений кварца. Кроме того, формируются агрегаты диоксидов титана совместно с сульфидами и монацитом, где сульфид является цементом, агрегаты титановых минералов, где наряду с реликтами лейкоксовых выделений, присутствуют регенерированные диоксиды титана, с вкраплениями монацита, ксенотима, циркона, в сульфидном цементе, КПШ, силикатов Fe, Na, Mg и выделениями кварца. Отмечены и самостоятельные выделения циркона, монацита и ксенотима, также в сульфидном цементе, но распространение их ограничено.

Процесс регенерации диоксидов титана и образование регенерированных диоксидов титана связывается с процессом преобразования, проявленным в нефтетитановых рудах [1].

### Результаты исследований

Изучались обособления, относящиеся к 2 ту руд. Проводились морфоструктурные исследования обособлений и микрозондовый анализ исходных кварц-лейкоксовых агрегатов, регенерированных агрегатов и переотложенных диоксидов титана.

На рис. 1 показан кварц-лейкоксовый агрегат. На рис. 2 показан участок кварц-лейкоксового агрегата, где отчетливо видна пойкилитовая структура агрегата. Пирит образует индивидуализированные выделения. В кварце отмечаются выделения органического вещества.

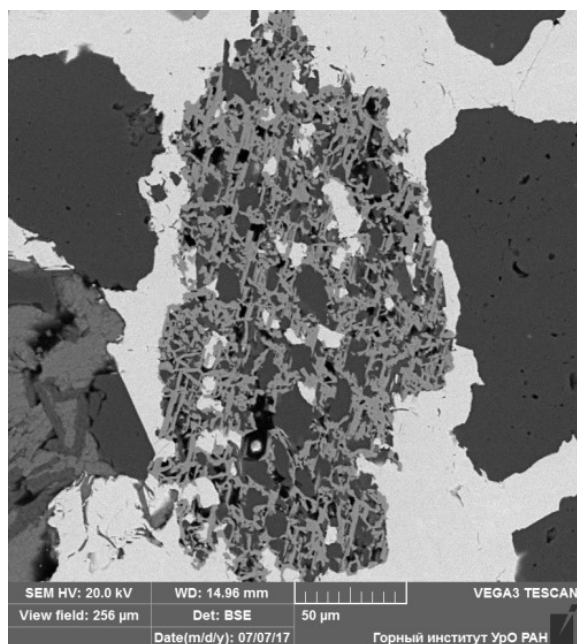
Видно, что размер отдельных участков зерен 20x20 микрон, это агрегат кварца и диоксида титана. Т.е. если сравнивать с флотоконцентратом (продукт ЗАО «СИТ-ТЕК»), грансостав которого 0,315 мм (размер отдельных зерен) – кварц не освобождается из сростков и находится в сростании с диоксидом титана. На рис. 3, 4 показан еще один кварц-лейкоксовый агрегат с включениями КППШ в кварце, пирита и монацита. Хорошо виден характер взаимоотношений кварца и титанового минерала (сростания).

Микрозондовые анализы «чистых» (от кварца) участков диоксида титана показывают наличие примесей Fe, Si, K, Al, V (табл. 1) – анализы диоксида титана исходного.

На рис. 5 показан агрегат диоксида титана (G1), с включениями пирита (G2) и монацита (G3). Отчетливо видны блоки кварц-лейкоксового агрегата (микрпойкилитовая структура). Видны также регенерированные участки диоксида титана, свободные от «вростков» кварца.

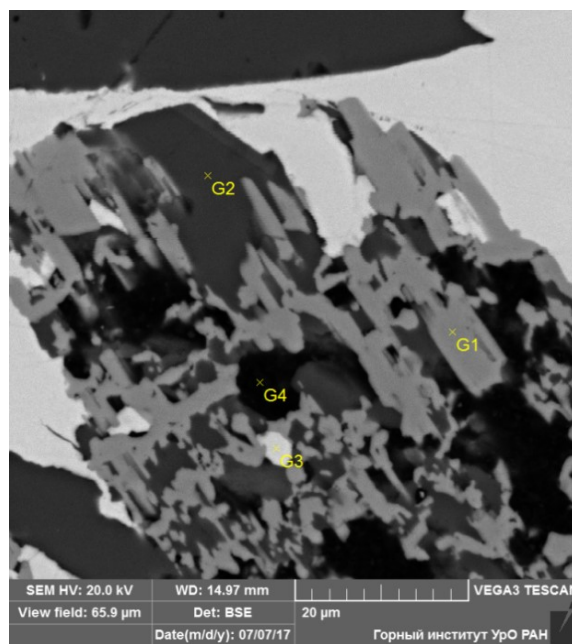
На рис. 6 показан детальный участок с остаточными блоками кварц-лейкоксового агрегата и регенерированными участками, представленными диоксидами титана, свободными от включений кварца и, в свою очередь, с более поздними включениями пирита, монацита и ксенотима.

Микрозондовый анализ регенерированных участков (диоксид титана регенерированный) показывает наличие примесей Fe, Si при полном отсутствии Al, K, V (табл.1).



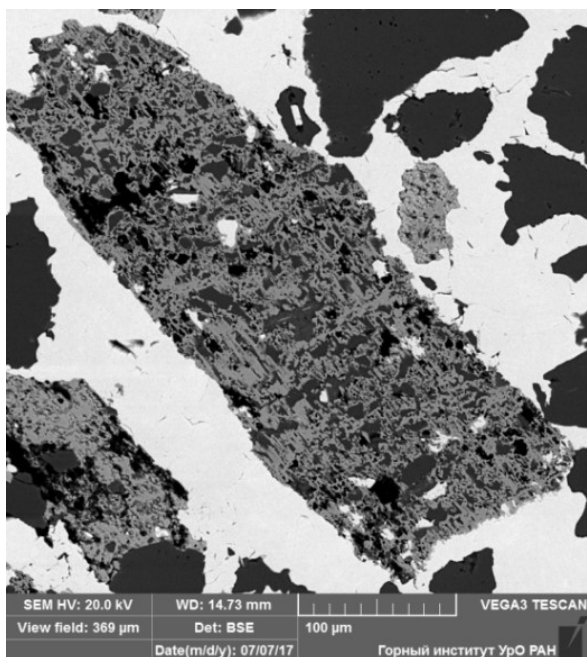
**Рис. 1.**

Кварц-лейкоксовый агрегат.  
Изображение в отраженных электронах

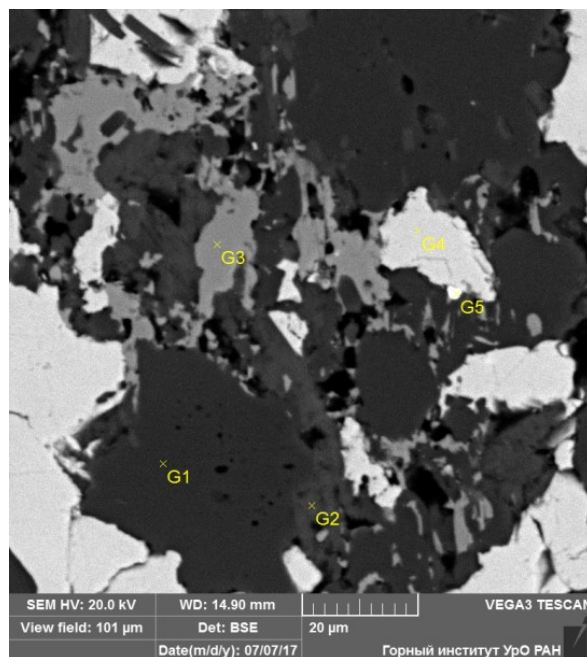


**Рис. 2.** Кварц-лейкоксовый агрегат (деталь).

Диоксид титана (G1), кварц (G2), пирит (G3), органика (G4). Изображение в отраженных электронах



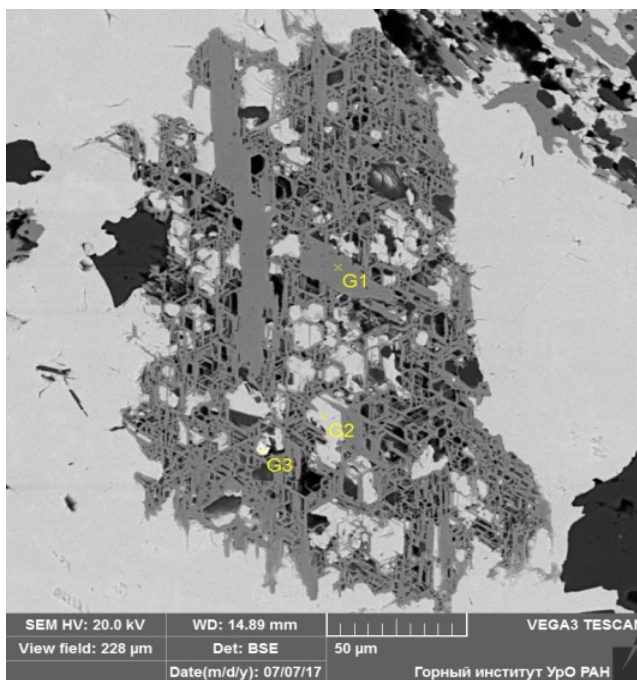
**Рис. 3.** Зерно кварц-лейкоксенового агрегата в сульфидном цементе.  
Изображение в отраженных электронах



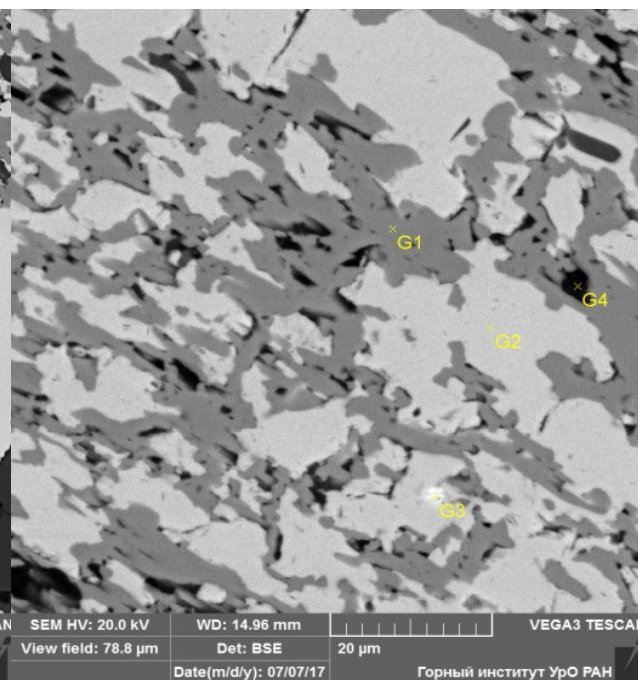
**Рис. 4.** Деталь: кварц (G1), силикат Al, Si, K, Fe (G2), диоксид титана (G3), пирит (G4), монацит (G5). Изображение в отраженных электронах

На рис. 7, показано обособление, представляющее собой агрегат титановых минералов, рутила, пирита и кварца.

На рис. 8 детальный участок, где видно, что это агрегат регенерированных минералов титана и реликтовых выделений кварца: диоксид титана (G1, G3), рутил (G2), кварц (G4), кварц (G5), пирит (G6).

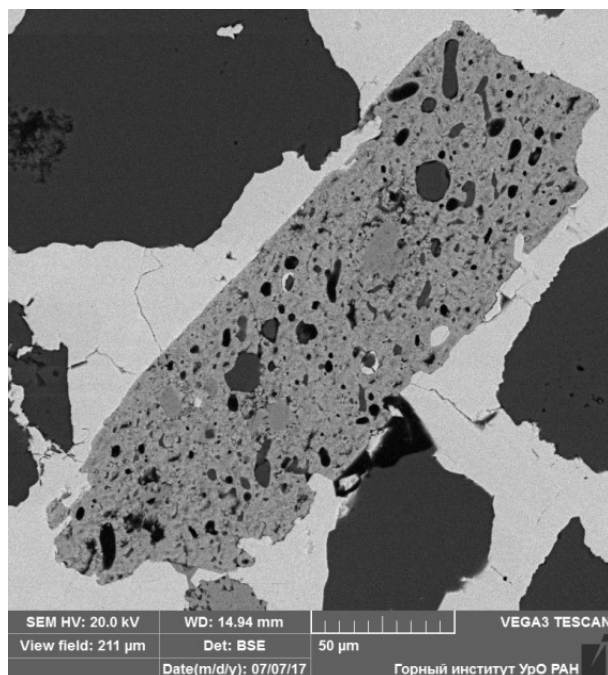


**Рис. 5.** Кварц-лейкоксеновый агрегат с включениями пирита (G2), и монацита (G3). Регенерированные участки диоксида титана (G1). Изображение в отраженных электронах

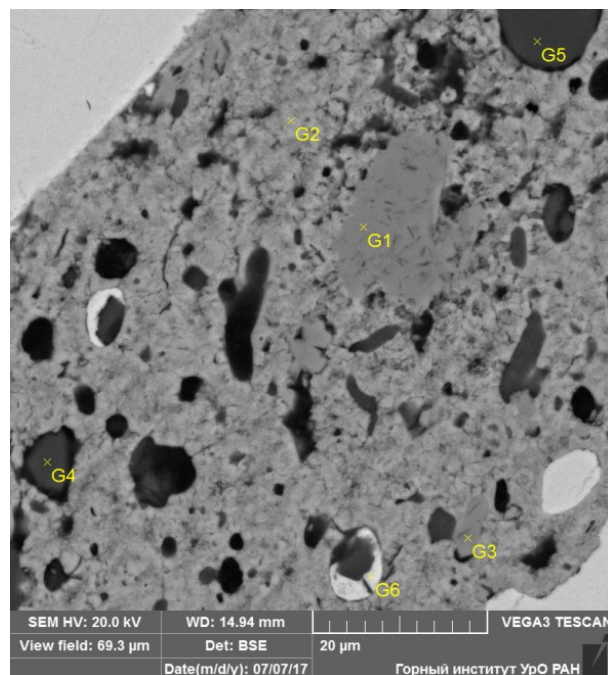


**Рис. 6.** Участок кварц-лейкоксенового агрегата. Диоксид титана (G1), кварц (G2), ксенотим (G3), включения органики (G4). Изображение в отраженных электронах



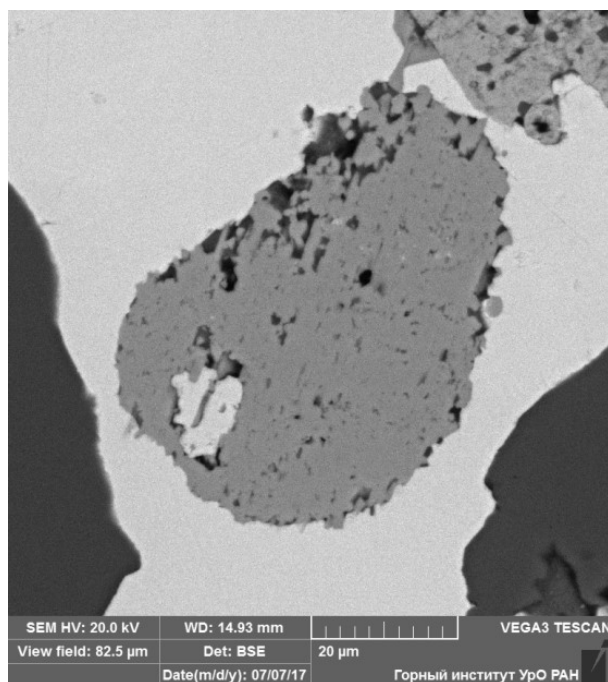


**Рис. 7.** Агрегат титановых минералов диоксида титана (две генерации) ильменорутила, пирита и кварца. Изображение в отраженных электронах

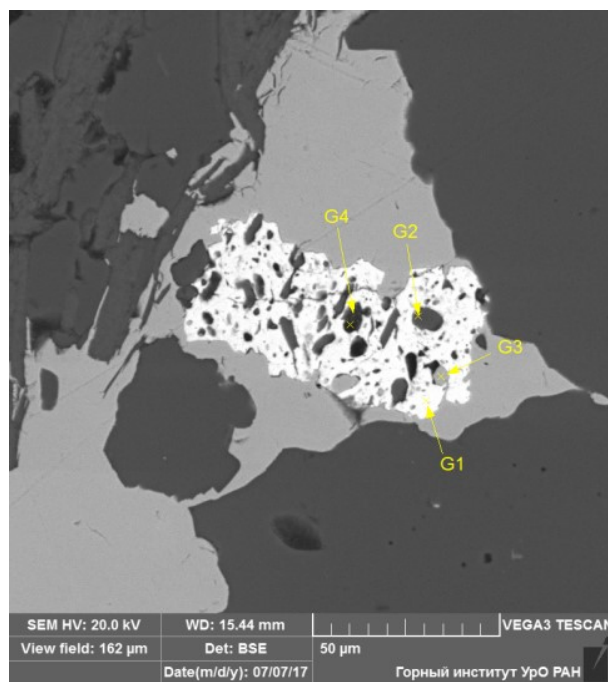


**Рис. 8.** Деталь: диоксид титана (G1, G3), рутил (G2), кварц (G4), кварц (G5), пирит (G6). Изображение в отраженных электронах

Микрозондовый анализ показывает наличие примесей Fe, Si при полном отсутствии Al, K, V (табл. 1). Т.е. количество примесей в регенерированных диоксидах значительно меньше, чем в «исходном» диоксиде титана из кварц-лейкоксового агрегата.



**Рис. 9.** Регенерированный диоксид титана (в сульфидном цементе). Изображение в отраженных электронах



**Рис. 10.** Зерно монацита (G1) с кварцем (G2), пиритом (G3), органикой (G4). Изображение в отраженных электронах

На рис. 9 показан регенерированный (новообразованный) диоксид титана (в сульфидном цементе). Отчетливо видно отсутствие включений кварца, а микронзондовый анализ (табл. 1) показывает отсутствие примесей, характерных для диоксидов титана в «исходных» кварц-лейкоксовых агрегатах. На рис. 10 видно зерно монацита с включениями кварца, пирита, органики.

В таблице 1 приведены анализы исходного диоксида титана (лейкоксен) и регенерированных разновидностей. Из табличных данных видно, что исходный диоксид титана содержит примеси элементов характерных для матричных (вмещающих) минералов (Si, Al). Анализы регенерированного диоксида титана из кварц-лейкоксового агрегата и индивидуализированных выделений диоксида титана показывает меньшее количество таких примесей или их отсутствие. В переотложенном (новообразованном) диоксиде титана примеси отсутствуют

Таблица 1

Состав примесей в диоксидах титана по данным МРС-анализа

Элементы	Минералы						
	Диоксид Ti исходный		Диоксид Ti регенерированный			Диоксид Ti новообразованный	
	Содержания, масс. %						
O	40,77	38,5	41,14	40,82	40,17	41,11	40,91
Ti	57,39	59,42	57,53	58,07	58,6	57,36	58,32
Fe		0,61	0,83	0,82	0,91	1,23	0,77
S					0,32		
Si	1,08	0,63	0,31	0,3		0,3	
Na							
K	0,21						
Al	0,55	0,56	0,21				
Mn							
Mg							
V		0,27					

Результаты свидетельствуют о существенных отличиях состава регенерированного и новообразованных диоксидов титана. Главным отличием регенерированных (новообразованных) диоксидов титана является отсутствие в них включений кварца и отсутствие примесей, характерных для исходных диоксидов титана нефтетитановых руд (табл. 1).

Процессы регенерации связаны с проявлением пострудной переработки руд в восстановительных условиях.

Особенности состава новообразованных диоксидов титана свидетельствуют о возможности разработки процесса преобразования продукта обогащения нефтетитановых руд – флотоконцентрата. Был применен высокотемпературный обжиг с использованием катализирующих добавок. Первые результаты свидетельствуют, что новообразования в обожженных образцах присутствуют. Дальнейшими экспериментами возможно вызвать эффект регенерации в кварц-лейкоксовых агрегатах и получение диоксида титана свободного от примесей.

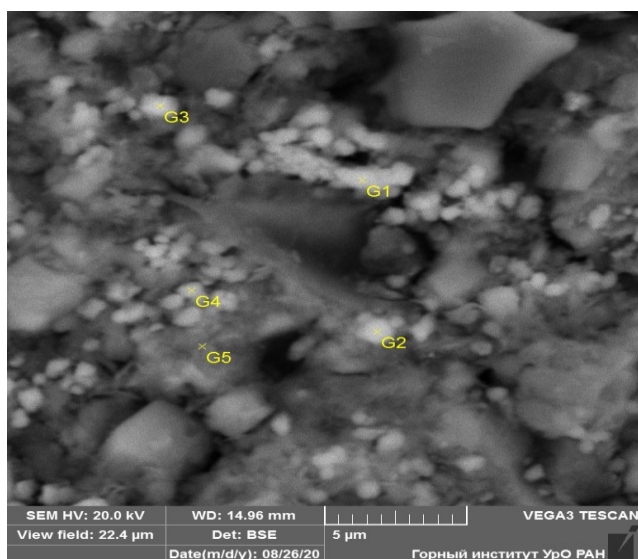
Эксперименты по воздействию на продукты обогащения проводились с применением фторидной технологии. Были достигнуты определенные успехи как в получении основного титанового продукта, так и в использовании отходов технологического передела в качестве сорбентов [2].

Нами в качестве исходного сырья для глубокой переработки использовался флотоконцентрат, полученный после переработки нефтетитановой руды.

Результаты термической переработки при помощи высокотемпературного обжига показаны на рис. 11, 12, 13.

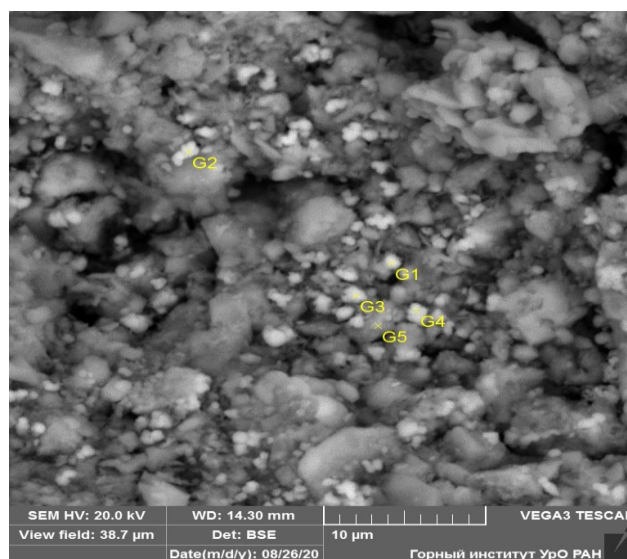
Видно, что на рис. 11 и 12 характер выделения титановых минералов практически не меняется. Т.е. и исходный материал (флотоконцентрат) и материал, обожженный при температуре  $600^{\circ}\text{C}$  практически идентичен. Выделения не претерпели изменений в морфологии и размере выделений. Обжиг при температуре  $900^{\circ}\text{C}$  оказывает существенное влияние. Видны кристаллы разного размера призматического облика.

Следует вывод о возможности преобразования флотоконцентрата, полученного из нефтетитановых руд месторождения Ярега при помощи высокотемпературного обжига.

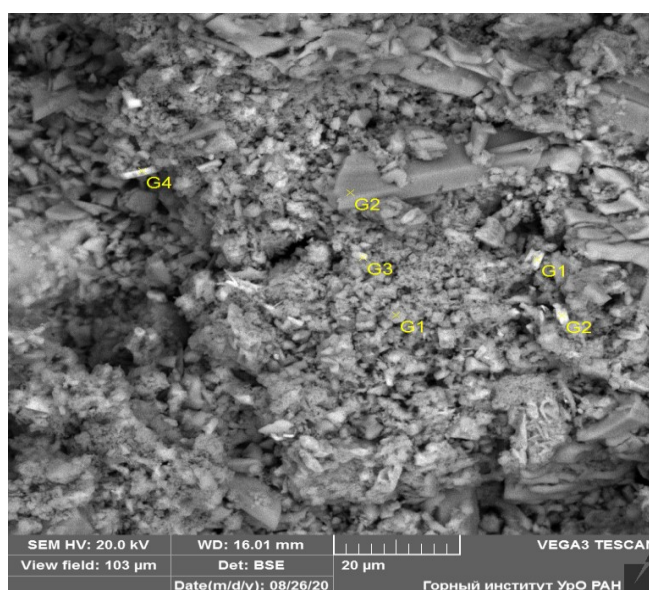


**Рис. 11.**

Электронное фото комбинированного шлифа изготовленного из непробранного флотоконцентрата. Выделения G1-G4 диоксида титана



**Рис. 12.** Электронное фото комбинированного шлифа изготовленного из флотоконцентрата обожженного при температуре  $600^{\circ}\text{C}$  Выделения G1-G4 диоксида титана



**Рис. 13.** Электронное фото комбинированного шлифа изготовленного из флотоконцентрата обожженного при температуре  $900^{\circ}\text{C}$  Выделения G1-G4 диоксида титана

## Выводы

1. Исследования процессов преобразования исходных нефтетитановых руд показали наличие преобразованных в результате проявления пострудных процессов минеральных образований, по составу отвечающих диоксидам титана при полном отсутствии вростков кварца и отсутствии примесей алюминия и кремния в их химическом составе.

2. Наличие природных процессов преобразования в свою очередь позволило прогнозировать результаты техногенного воздействия на продукты обогащения нефтетитановых руд и получение продуктов, отвечающих промышленным критериям.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сметанников А.Ф., Коротченкова О.В., Оносов Д.В. Некоторые особенности минералогии нефтетитановых руд // Материалы юбилейного съезда Российского минералогического общества «200 лет РМО»: сб. тез. – Спб., 2017. – Т. 2. – С. 167-168.
2. Перовский И.А. Титаносиликаты из лейкоксеновых руд Ярегского месторождения: получение, свойства, применение: автореф. дис. ... канд. г.-м. н.: 25.00.05: / Перовский Игорь Андреевич. – Сыктывкар, 2020. – 22 с.

УДК 532.5

DOI:10.7242/echo.2021.1.7

## ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПОСЛЕДСТВИЙ КРУПНОМАСШТАБНОЙ ДОБЫЧИ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ В НИЖНЕМ БЬЕФЕ ВОТКИНСКОЙ ГЭС

А.А. Тиунов, А.П. Лепихин, А.А. Возняк  
*Горный институт УрО РАН, г. Пермь*

**Аннотация:** Дана оценка возможных гидравлических последствий крупномасштабной добычи песчано-гравийных смесей в верхней части Нижне-Камского водохранилища (нижнем бьефе Воткинского водохранилища) на основе проведения многовариантных вычислительных экспериментов на разработанной гидродинамической модели рассматриваемого водного объекта. Такая оценка необходима для выработки мероприятий по минимизации отрицательных последствий и обеспечению на этой основе соблюдения баланса интересов между отдельными заинтересованными пользователями. Для оценки возможных последствий разработки новых русловых месторождений нерудных полезных ископаемых были созданы гидродинамические модели данного участка р. Камы в 1D (HEC RAS v.5.0.7) и 2D (SMS v.11.1) приближениях на основе лицензированных программных продуктов. В результате расчетов были получены графики уровней воды для различных сценариев расчета, графики сравнения уровней воды по результатам расчетов в одно- и двумерной модели для морфометрии 2019 года в естественных условиях и с учетом выработки месторождений песчано-гравийных смесей. Выполненные многовариантные вычислительные эксперименты показали, что разработка только восьми уже разрабатываемых месторождений: Волковское, Ольховское, Сивинский, Гольяновское, Макаровское, Верхне-Дулесовский, Симонихинское и Симонихинское-2 – приведет к необходимости увеличения для поддержания судоходных глубин 3,3 м расхода сбросов в нижний бьеф Воткинской ГЭС до 1800 м<sup>3</sup>/с при продолжительности сброса 12 часов или поддержания постоянного сброса 1500 м<sup>3</sup>/с при продолжительности не менее 24 часа. Как при одномерном моделировании, так и при двумерном моделировании при сравнительном анализе графиков уровней воды можно выделить 3 участка с сильной просадкой уровня от 15 до 41 см в связи с крупномасштабной добычей ПГС.

**Ключевые слова:** уровень режим водохранилища, гидродинамическое моделирование, последствия крупномасштабной добычи песчано-гравийных смесей, просадка уровня.