

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 ТИНРО, 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.

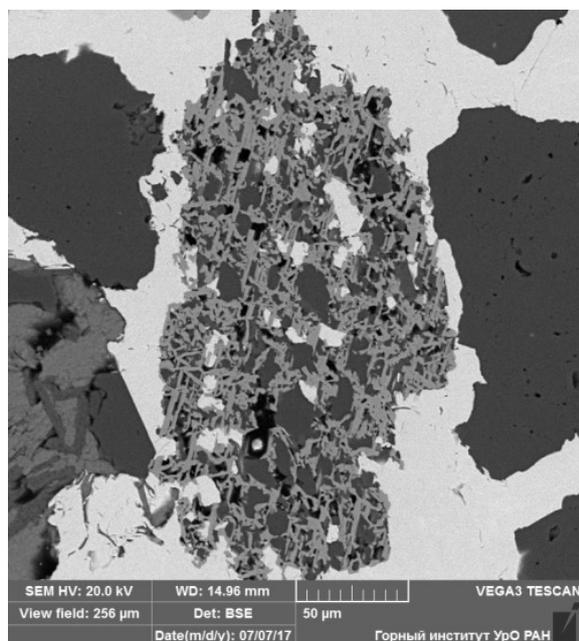
Видно, что размер отдельных участков зерен 20x20 микрон, это агрегат кварца и диоксида титана. Т.е. если сравнивать с флотоконцентратом (продукт ЗАО «СИТ-ТЕК»), грансостав которого 0,315 мм (размер отдельных зерен) – кварц не освобождается из сростков и находится в сростании с диоксидом титана. На рис. 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.

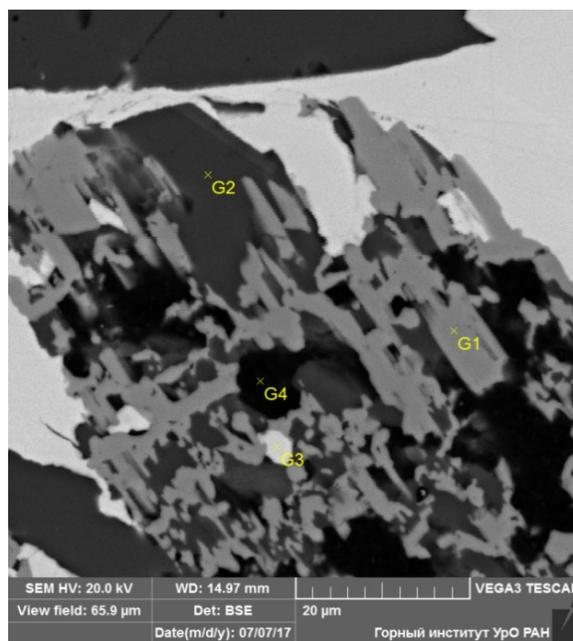
На рис. 6 показан детальный участок с остаточными блоками кварц-лейкоксового агрегата и регенерированными участками, представленными диоксидами титана, свободными от включений кварца и, в свою очередь, с более поздними включениями пирита, монацита и ксенотима.

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



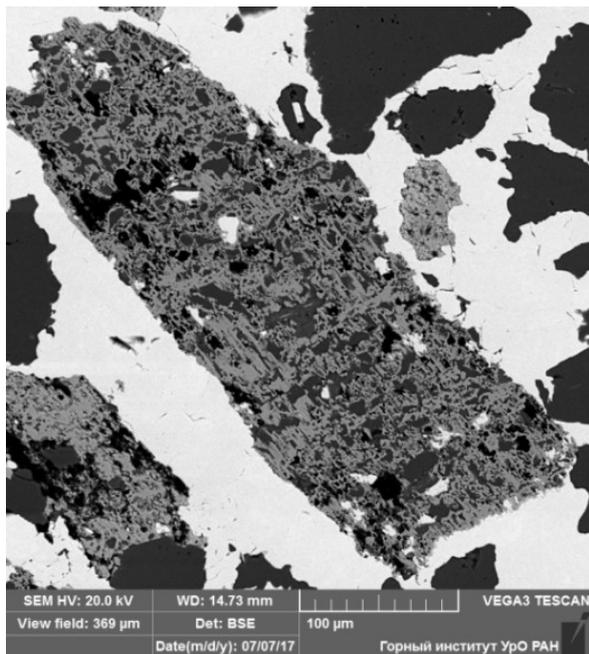
**Рис. 1.**

Кварц-лейкоксовый агрегат.  
Изображение в отраженных электронах

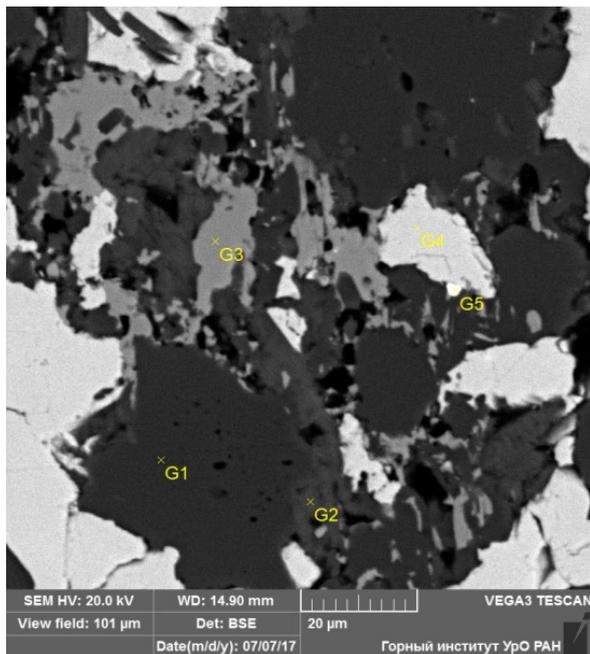


**Рис. 2.** Кварц-лейкоксовый агрегат (деталь).

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



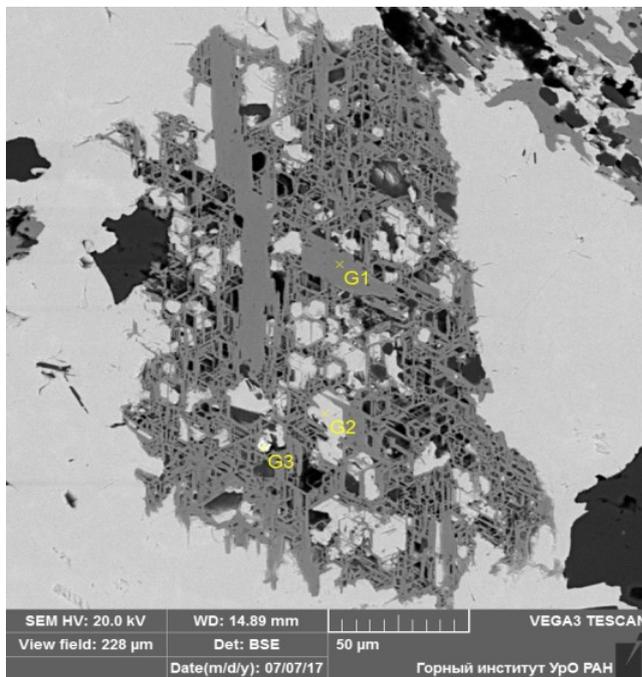
**Рис. 3.** Зерно кварц-лейкоксенового агрегата в сульфидном цементе.  
Изображение в отраженных электронах



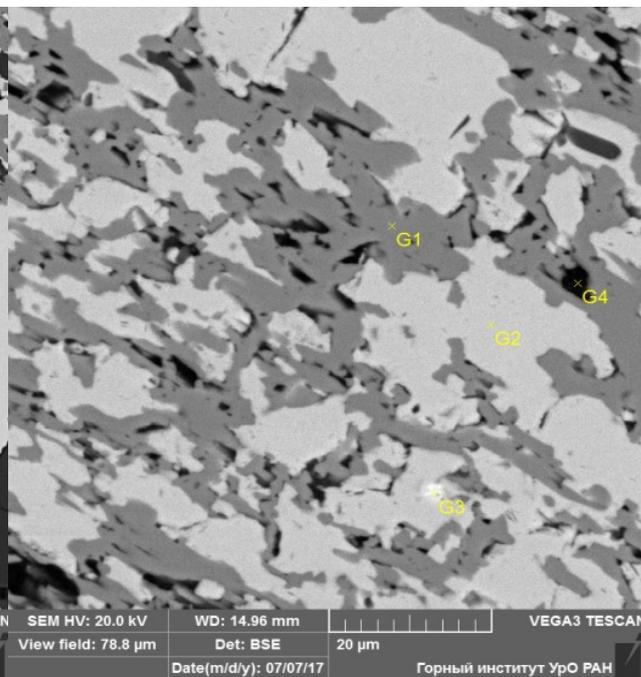
**Рис. 4.** Деталь: кварц (G1), силикат Al, Si, K, Fe (G2), диоксид титана (G3), пирит (G4), монацит диоксид титана (G5). Изображение в отраженных электронах

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

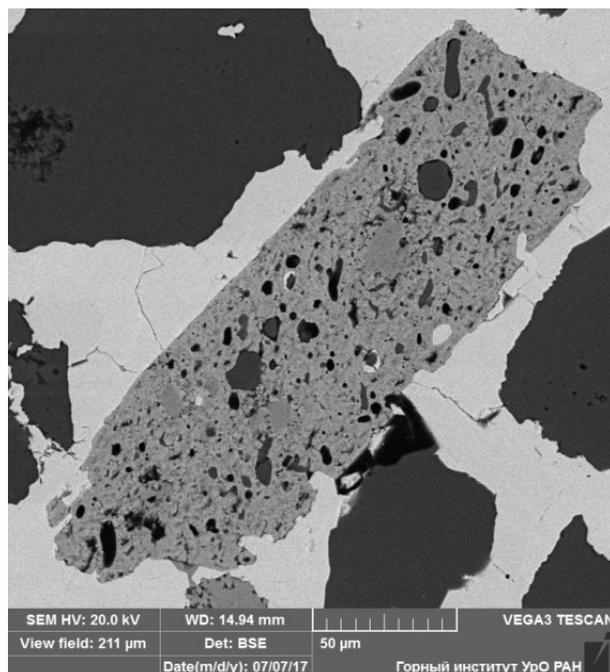
На рис. 8 детальный участок, где видно, что это агрегат регенерированных минералов титана и реликтовых выделений кварца: диоксид титана (G1, G3), рутил (G2), кварц (G4), кварц (G5), пирит (G6).



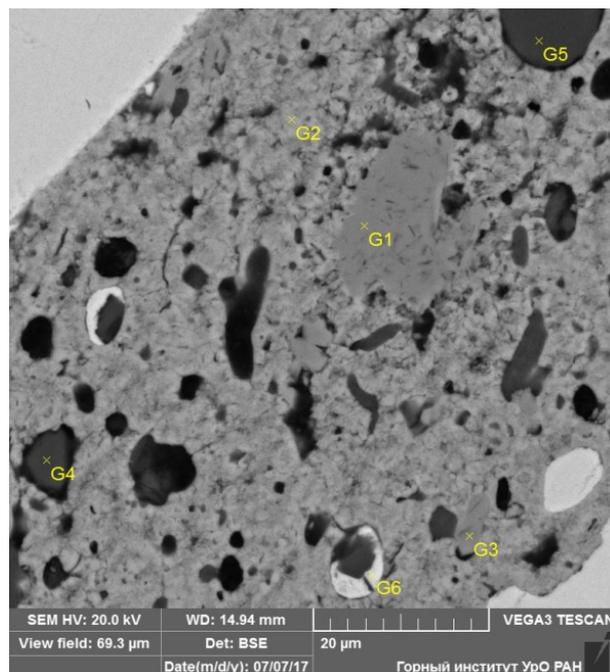
**Рис. 5.** Кварц-лейкоксеновый агрегат с включениями пирита (G2), и монацита (G3). Регенерированные участки диоксида титана (G1). Изображение в отраженных электронах



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

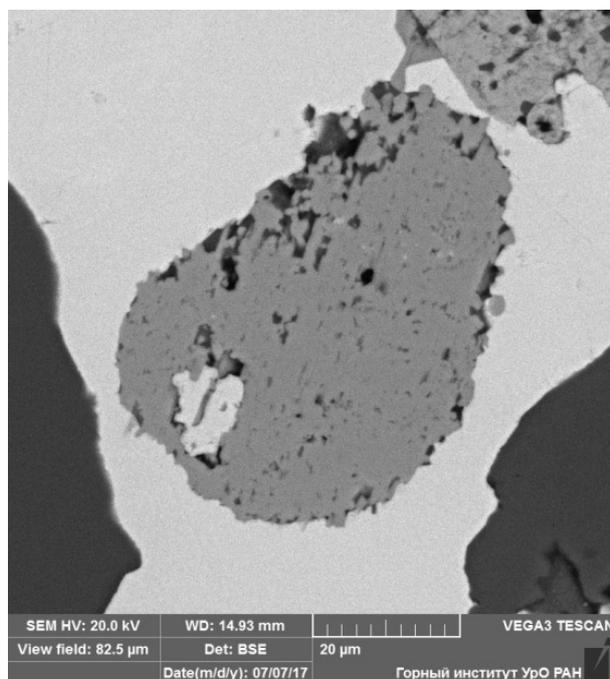


**Рис. 7.** Агрегат титановых минералов диоксида титана (две генерации) ильменорутила, пирита и кварца. Изображение в отраженных электронах

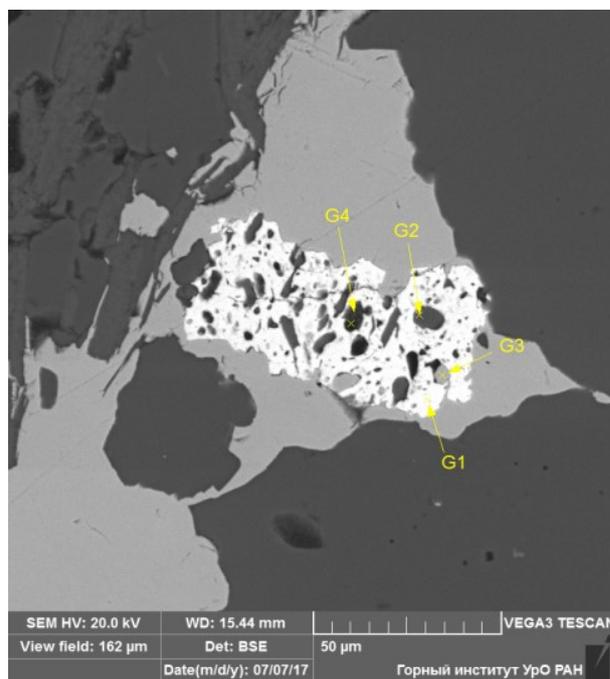


**Рис. 8.** Деталь: диоксид титана (G1, G3), рутил (G2), кварц (G4), кварц (G5), пирит (G6). Изображение в отраженных электронах

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.

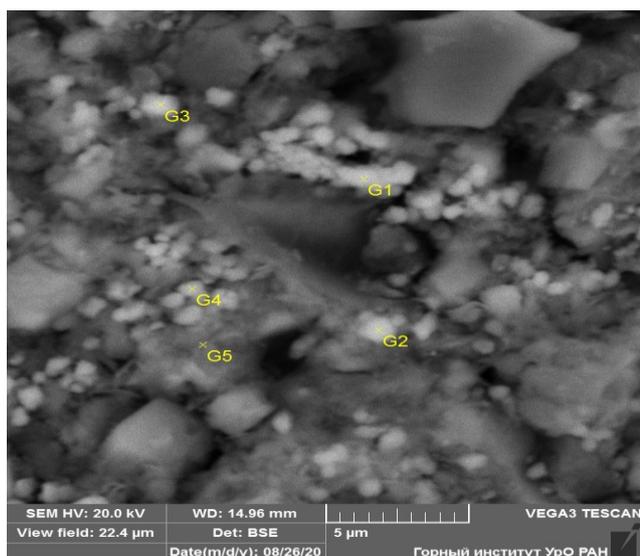
Эксперименты по воздействию на продукты обогащения проводились с применением фторидной технологии. Были достигнуты определенные успехи как в получении основного титанового продукта, так и в использовании отходов технологического передела в качестве сорбентов [2].

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.

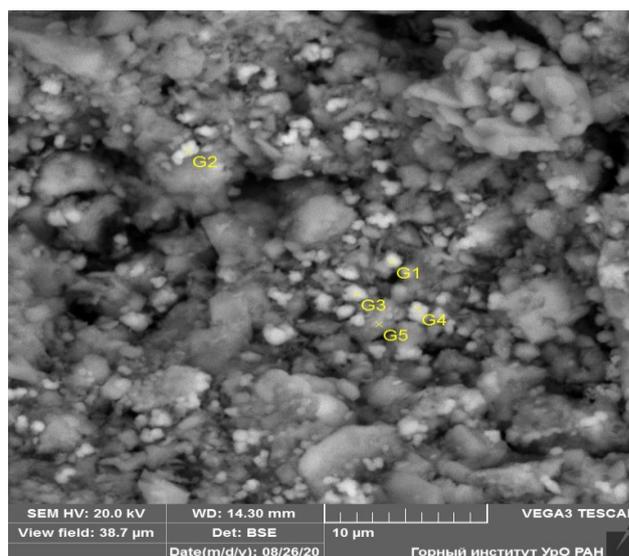
Видно, что на рис.11 и 12 характер выделения титановых минералов практически не меняется. Т.е. и исходный материал (флотоконцентрат) и материал, обожженный при температуре  $600^{\circ}\text{C}$  практически идентичен. Выделения не претерпели изменений в морфологии и размере выделений. Обжиг при температуре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

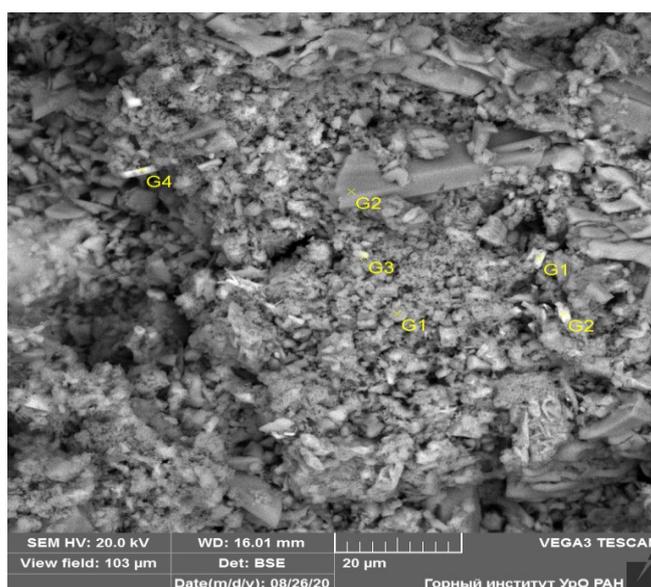


**Рис. 11.**

Электронное фото комбинированного шлифа изготовленного из непроброизованного 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.