



# БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС  
НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ



Региональный трек  
Всероссийского конкурса  
научно-технологических проектов

**«БОЛЬШИЕ ВЫЗОВЫ»**

направление

**Новые материалы**

название работы

**Комптерная разведка тлеющих  
торфяных очагов с сенсорами  
на основе нано-SnO<sub>2</sub>**

участник(и)

**Булошников Егор Игоревич**

#большиевызовы  
#МГК

[mgk.olimpiada.ru](http://mgk.olimpiada.ru)

г. Москва  
2021

## Постановка проблемы

Тлеющий подземный очаг несёт в себе опасность, так как может долгое время оставаться незамеченным. Такие очаги способствуют возникновению лесных пожаров.

## Актуальность работы

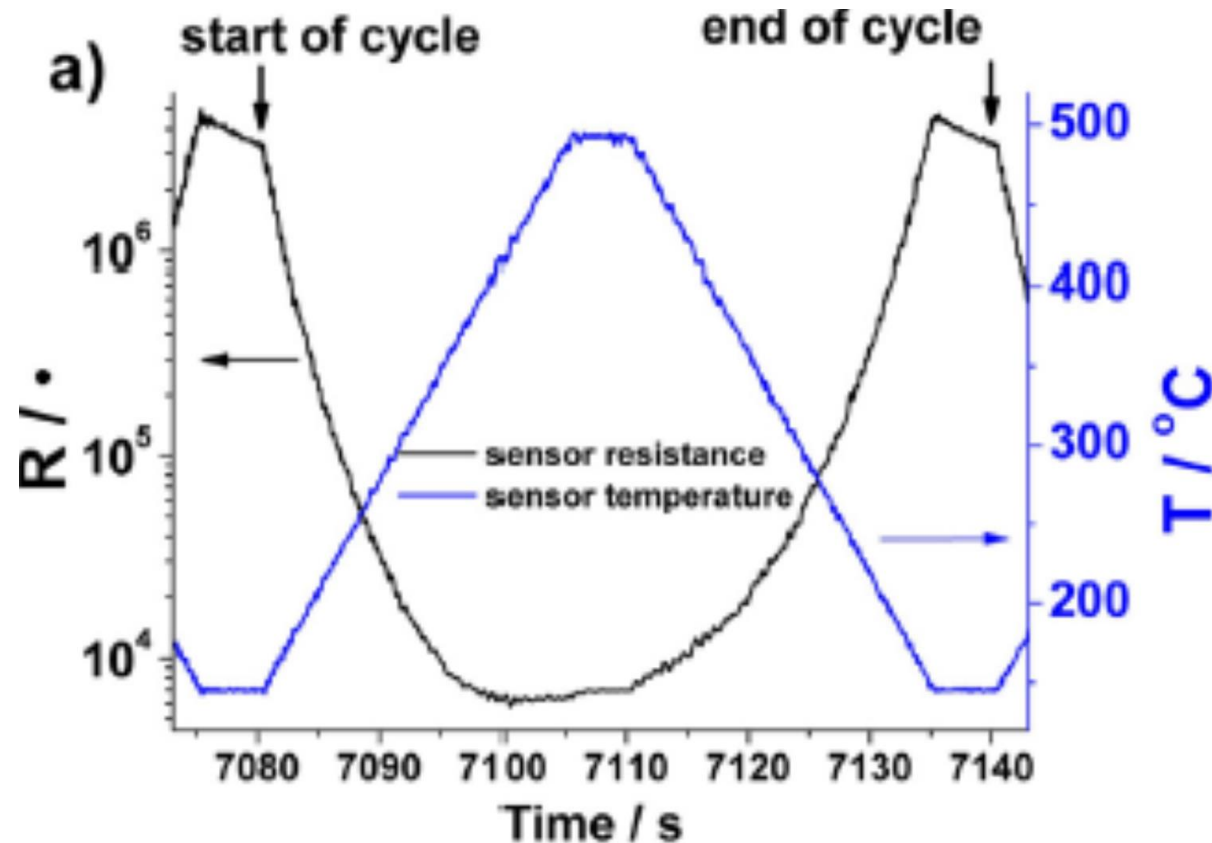


Недостатки коптерной тепловизионной разведки: плохо срабатывает в жару (недостаточен перепад температур для детектирования тепловизором) и после дождя



Недостатки пешей разведки (человеческим носом либо термощупом): небезопасность для людей, которые её осуществляют; низкая скорость; недоступность многих точек

# Литературные данные



## **!Проблема!**

Необходим циклический нагрев сенсора.

**Возможное решение** – фотоактивируемый сенсор. Значит, будем изучать особенности фотопоглощения полупроводниковых частиц сенсора, чтобы потом суметь ими управлять

Фотосенсибилизация – расширение спектральной области поглощения

Полная версия презентации доступна по ссылке <https://yadi.sk/i/1W342d-CAH8agg>

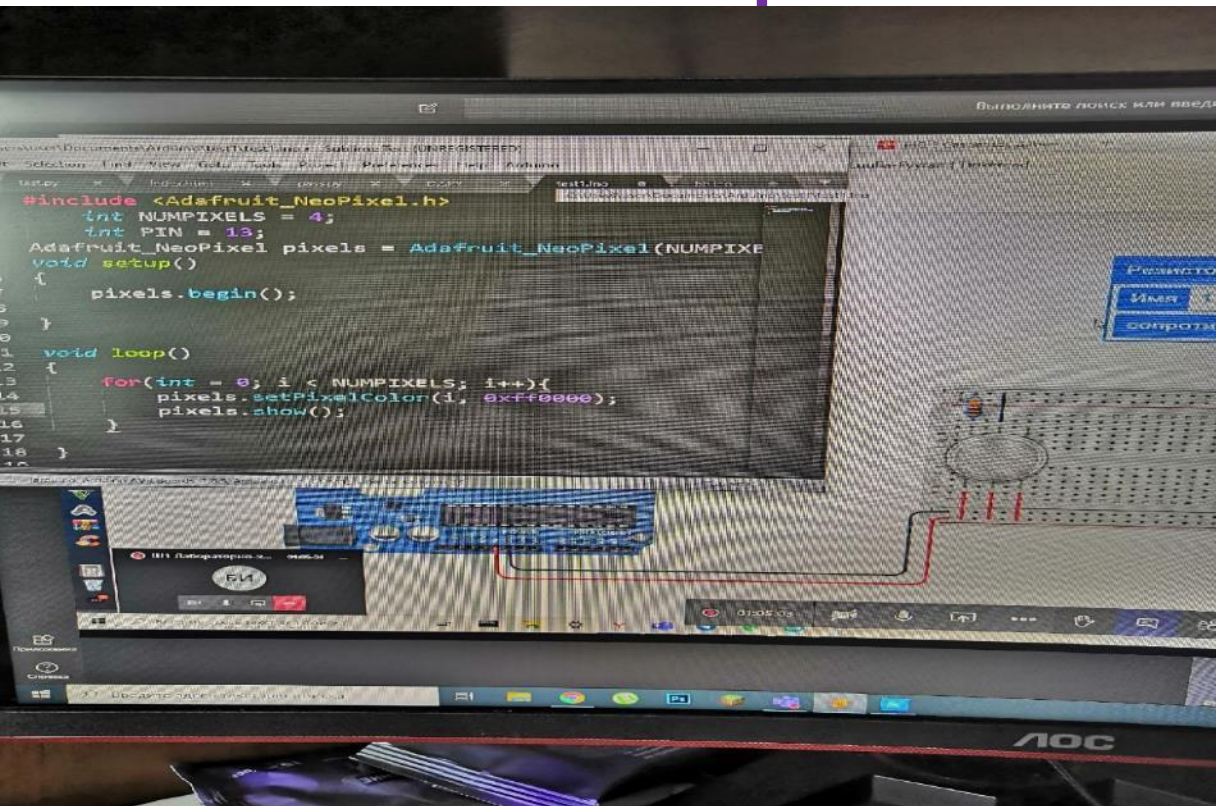


Создание "химического носа" (желательно – не требующего нагрева) на БПЛА для разведки тлеющих очагов в торфяниках

## Задачи

1. На основе литературных данных и консультаций специалистов подобрать оптимальные материалы и методы.
2. Собрать электрическую цепь с датчиком газоанализатора, светодиодной лентой и пьезоэлементом; создать 3D-модель крепления сенсорной системы к БПЛА и напечатать её.
3. Зафиксировать сенсорную систему на БПЛА и проверить её работоспособность.
4. Получить  $\alpha$ -, а затем  $\beta$ -оловянную кислоту и золь ортокремниевой кислоты в этаноле.
5. Провести синтез композита (с мольным отношением  $[\text{Sn}]/([\text{Sn}] + \text{Si}] = 3/86)$  в автоклаве.
6. Записать электронные спектры поглощения геля  $\alpha$ -оловянной кислоты до и после введения модификаторов и установить, насколько перспективно применение данных модификаторов.
7. Изучить морфологию образца  $\beta\text{-SnO}_2$  с помощью сканирующего зондового микроскопа.
8. Проанализировать полученные данные и наметить перспективы.

# Сборка и программирование непосредственно всего узла газоанализатора приложении Tinkercad



Программный код для настройки датчиков

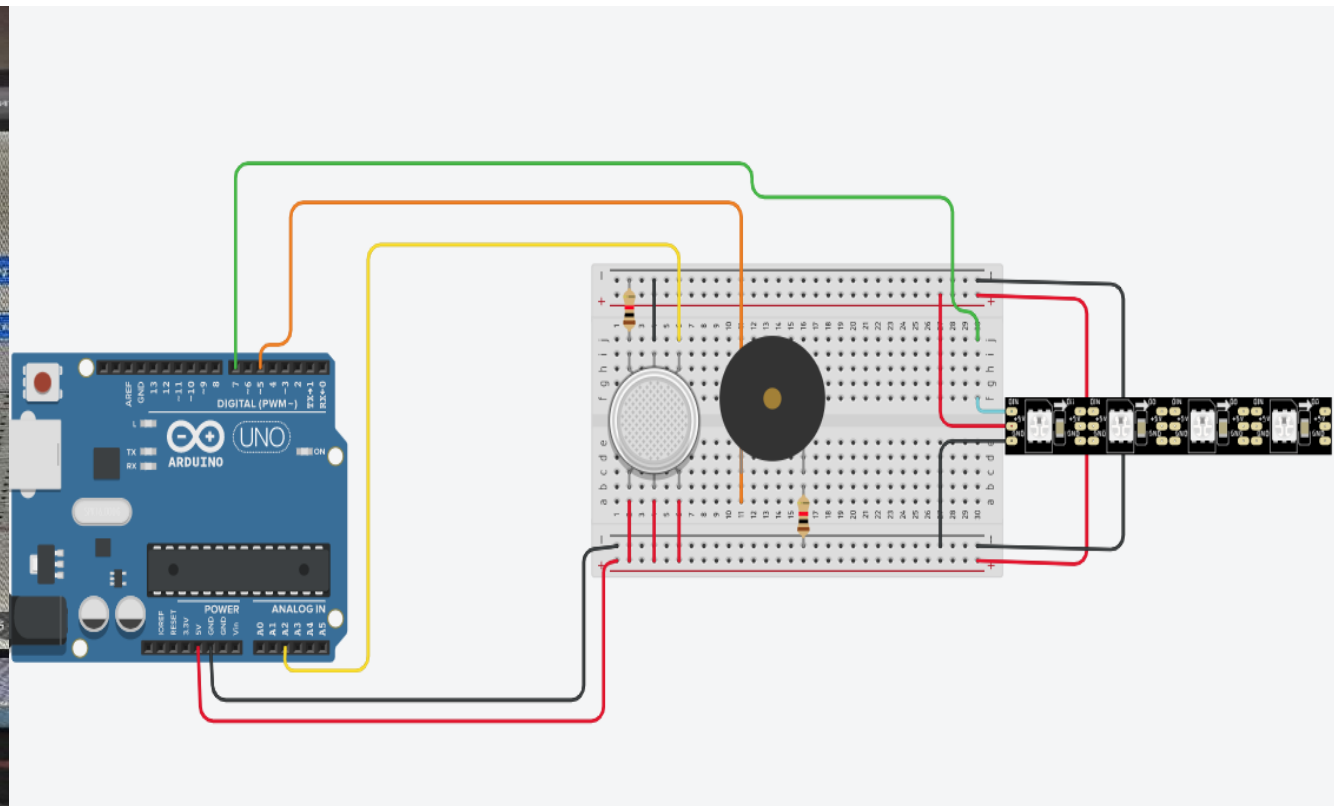
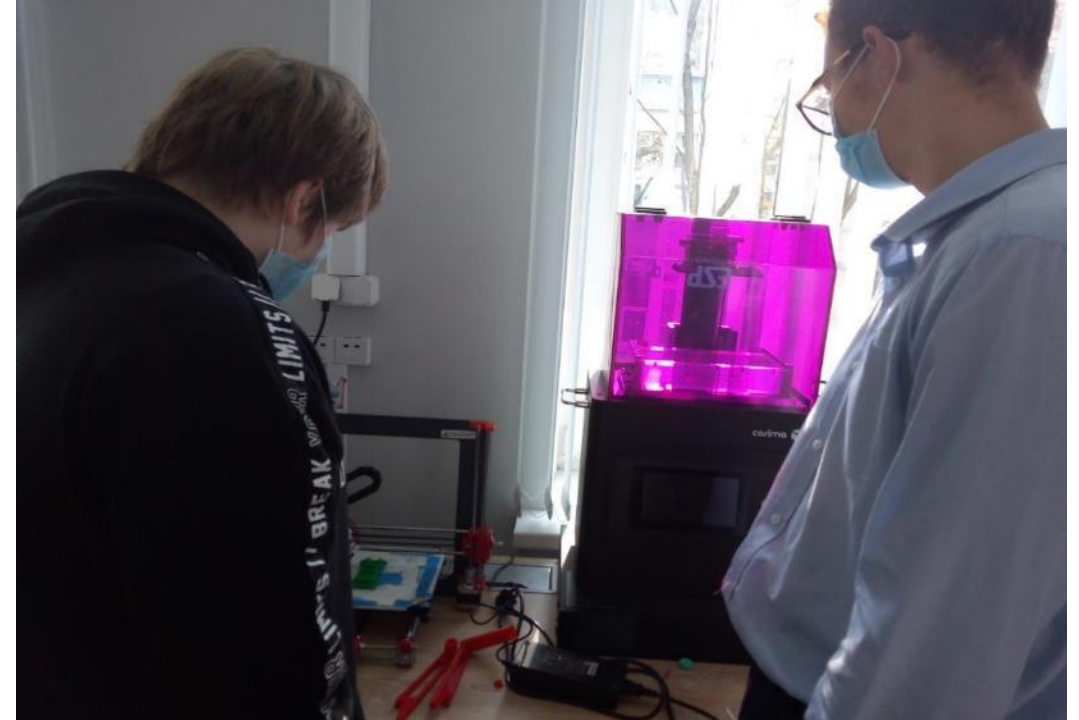


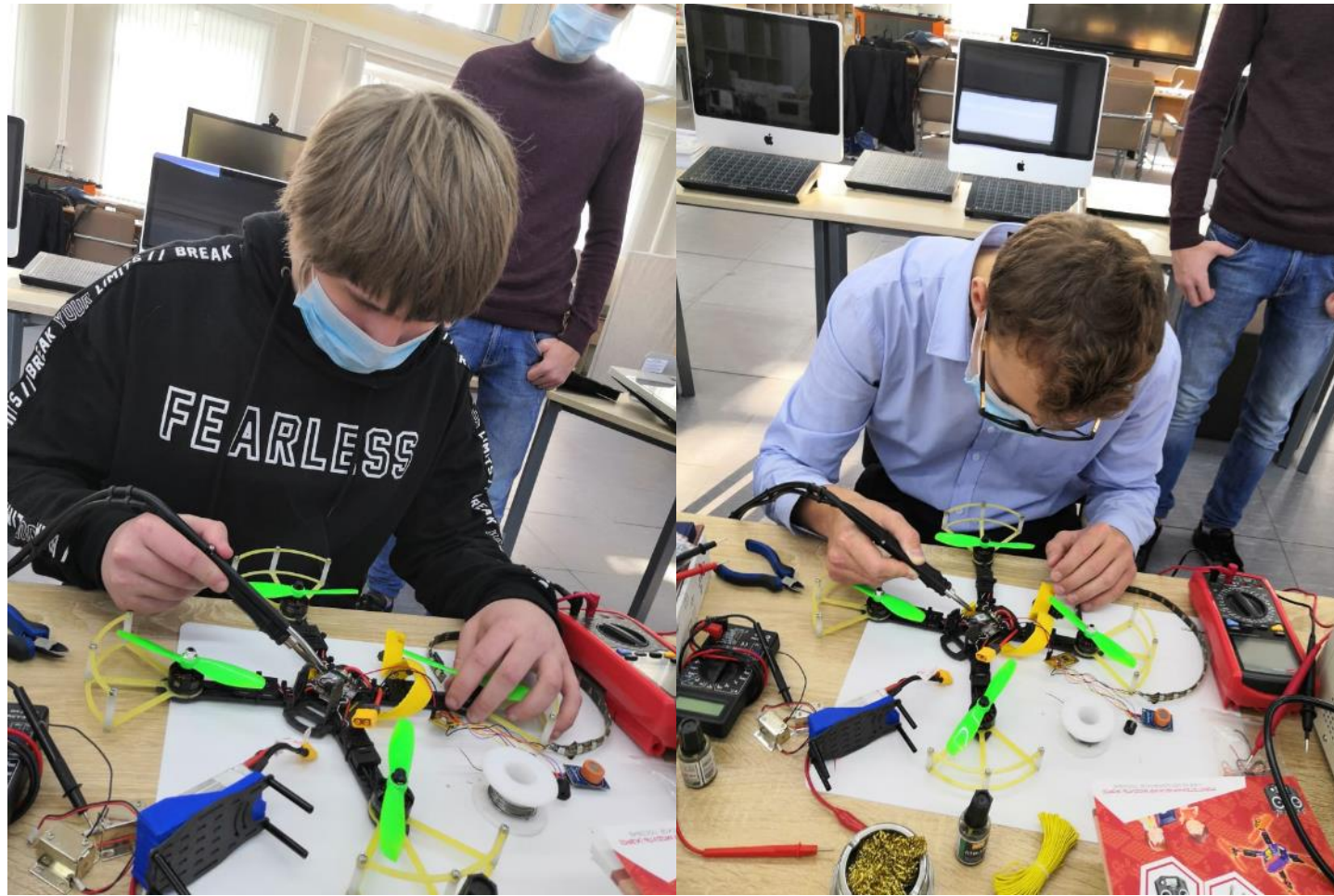
Схема подключения электрической цепи

# Программирование всего узла и создание крепления



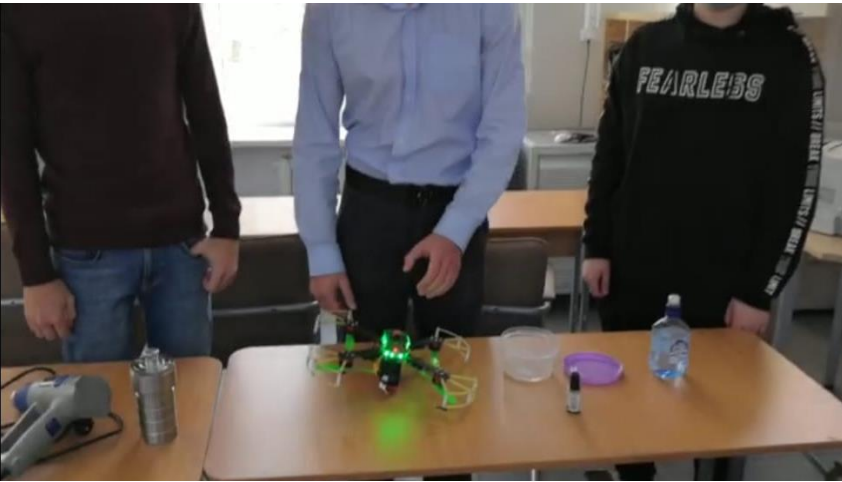
Создание программного кода и модели крепления с её последующей печатью

# Сборка схемы газоанализатора



Пайка датчика газоанализатора к одноплатному компьютеру

# Проверка работоспособности продукта



Пары химических веществ (компонентов флюса в первом случае и этанола во втором случае) были обнаружены датчиком и визуализированы переключением зелёного цвета светодиодной ленты на красный



# Основные использованные реагенты



# Уравнение основной реакции и схема синтеза



Этап 1а: Приготовление раствора  $\text{H}_2\text{SnCl}_6$

Этап 2а: осаждение  $\alpha$ -оловянной кислоты введением по каплям 10%-го р-ра аммиака

Этап 3а: отмывание геля  $\alpha$ -оловянной кислоты от хлорид-ионов

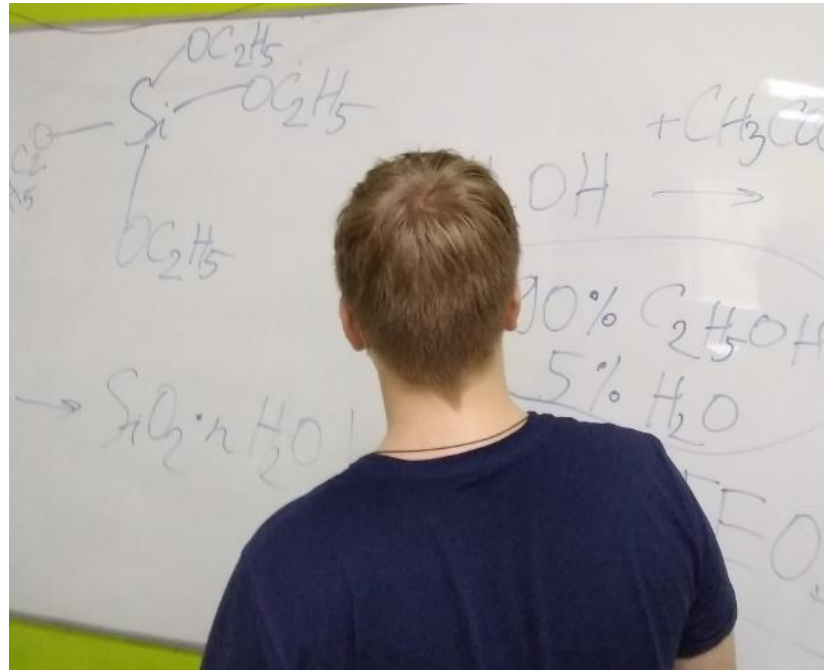
Этап 4а: высушивание  $\alpha$ -оловянной кислоты до  $\beta$ -формы при  $50^\circ\text{C}$

Этап 1б: Приготовление раствора  $\text{Si}(\text{OEt})_4$  в водно-этанольной смеси

Этап 2б: Доведение pH реакционной смеси до 4 (путём введения в него по каплям  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) для получения коллоидного раствора  $\text{Si}(\text{OH})_4$  в этаноле

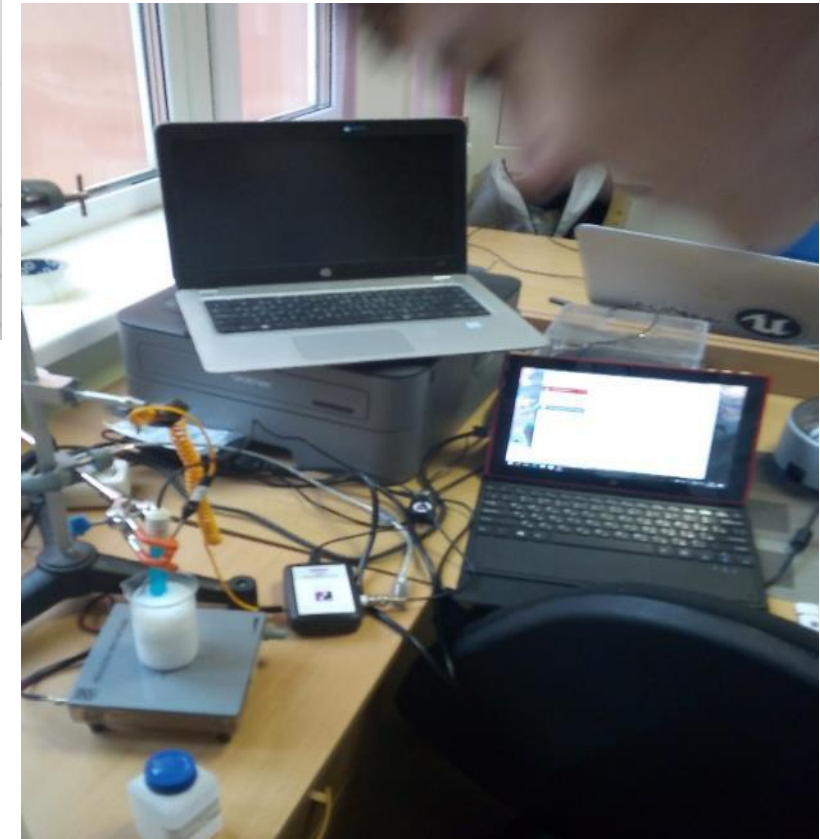
Выдерживание смеси полученных компонентов в автоклаве в течение 24 ч при  $150^\circ\text{C}$  при мольном отношении  $[\text{Sn}]/([\text{Sn}] + [\text{Si}])$ , равном 3/86

# Синтез $\alpha$ -оловянной кислоты

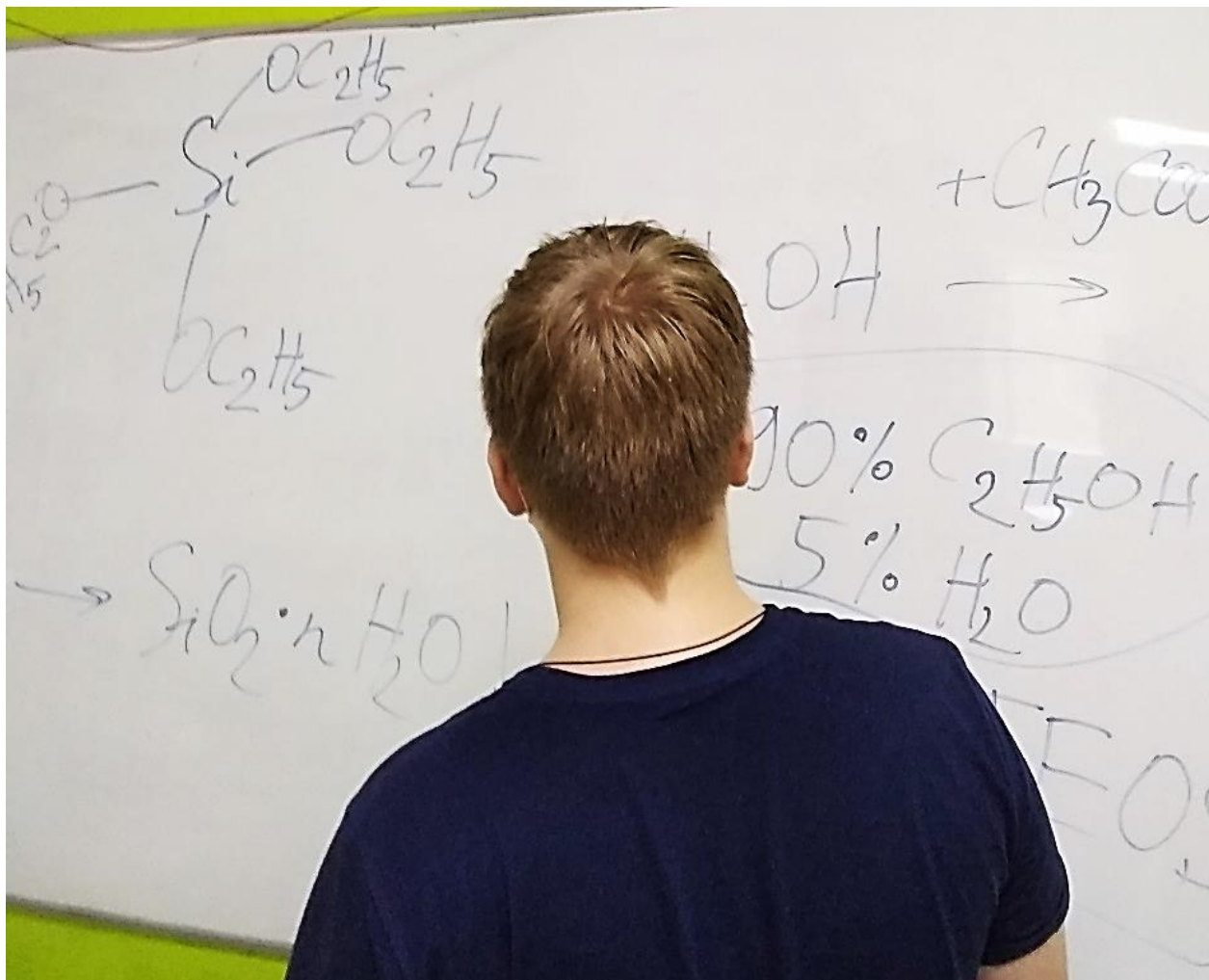


Расчёт и синтез

Работа была начата  
летом 2020 г.



# Получение этанольного раствора $\text{Si}(\text{OH})_4$

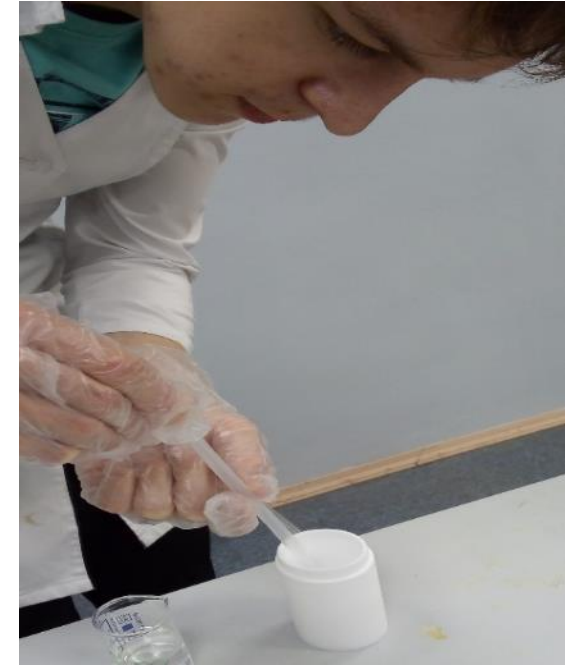


Расчёт и синтез

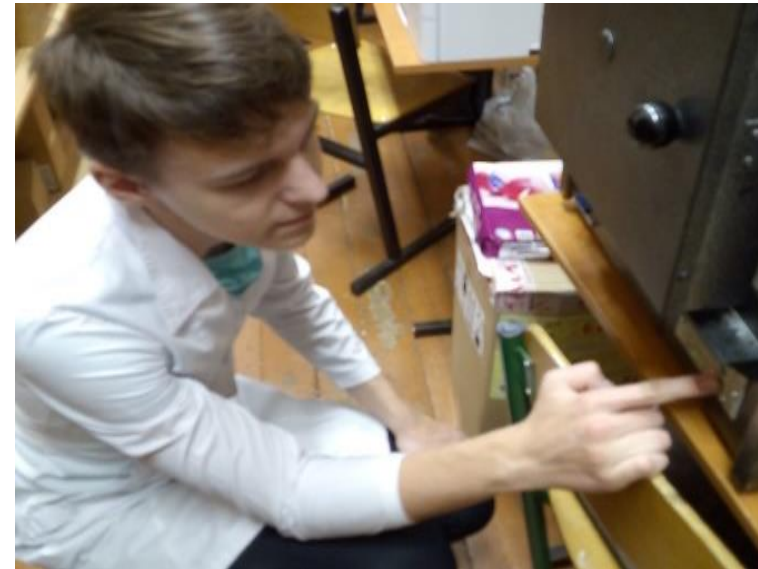
# Синтез $\alpha$ -оловянной кислоты



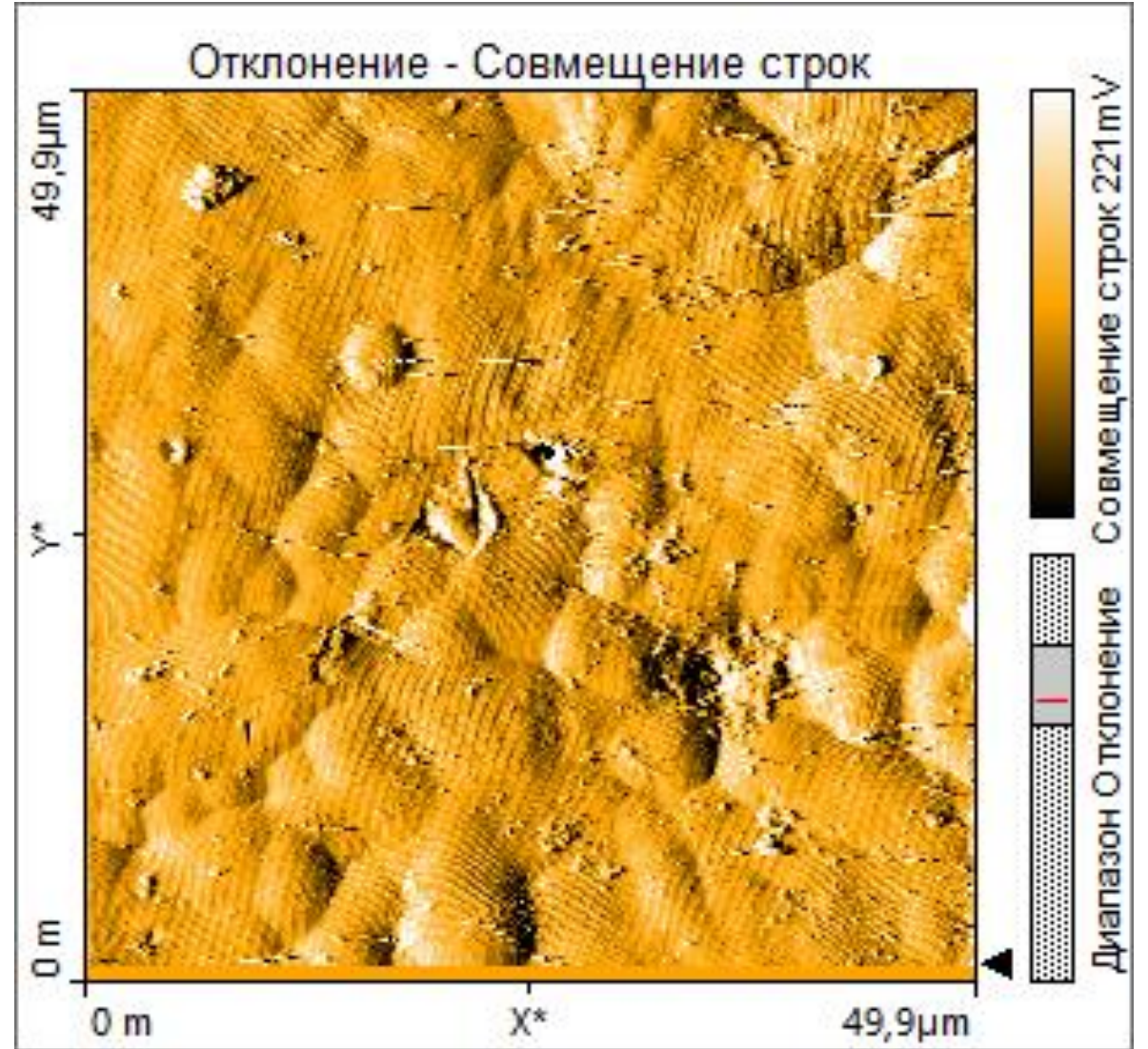
# Синтез композита в автоклаве



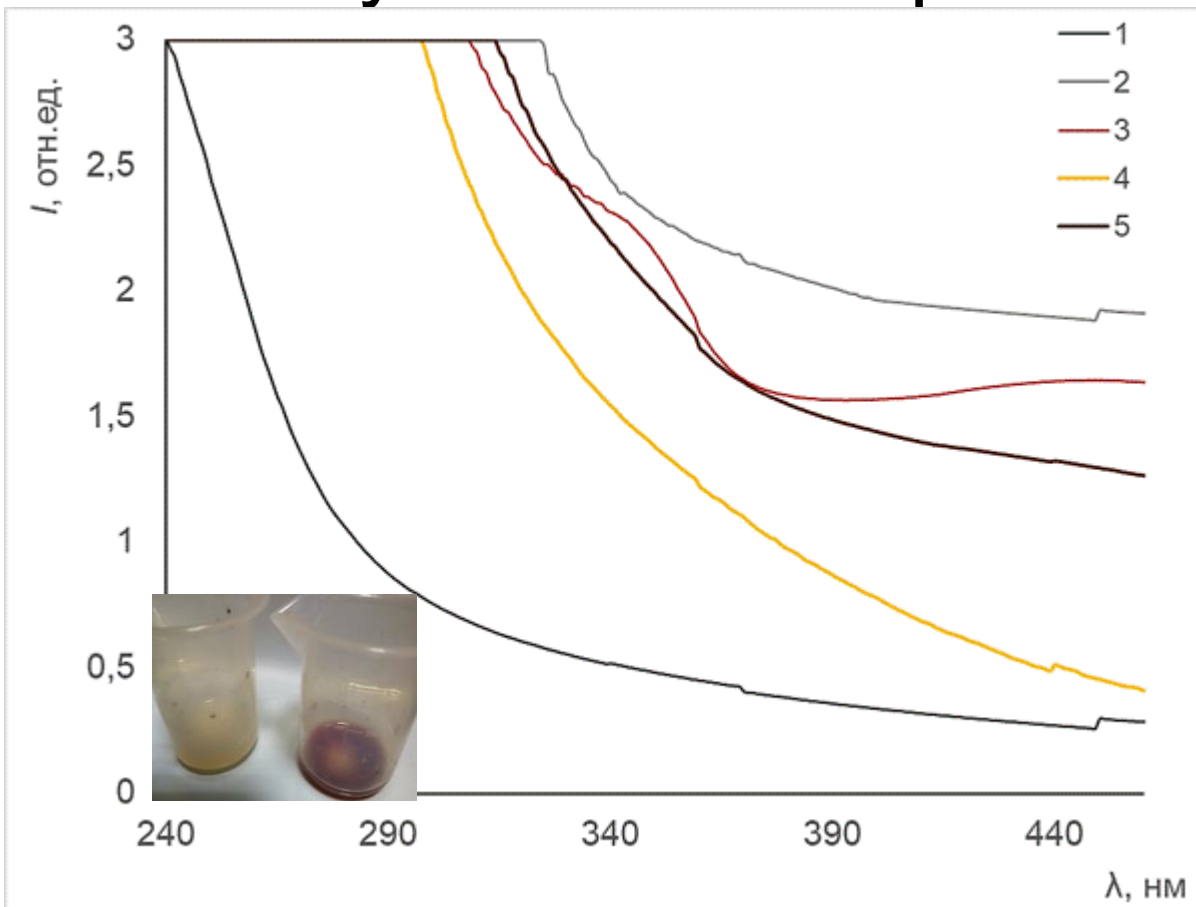
Работа  
с муфелем



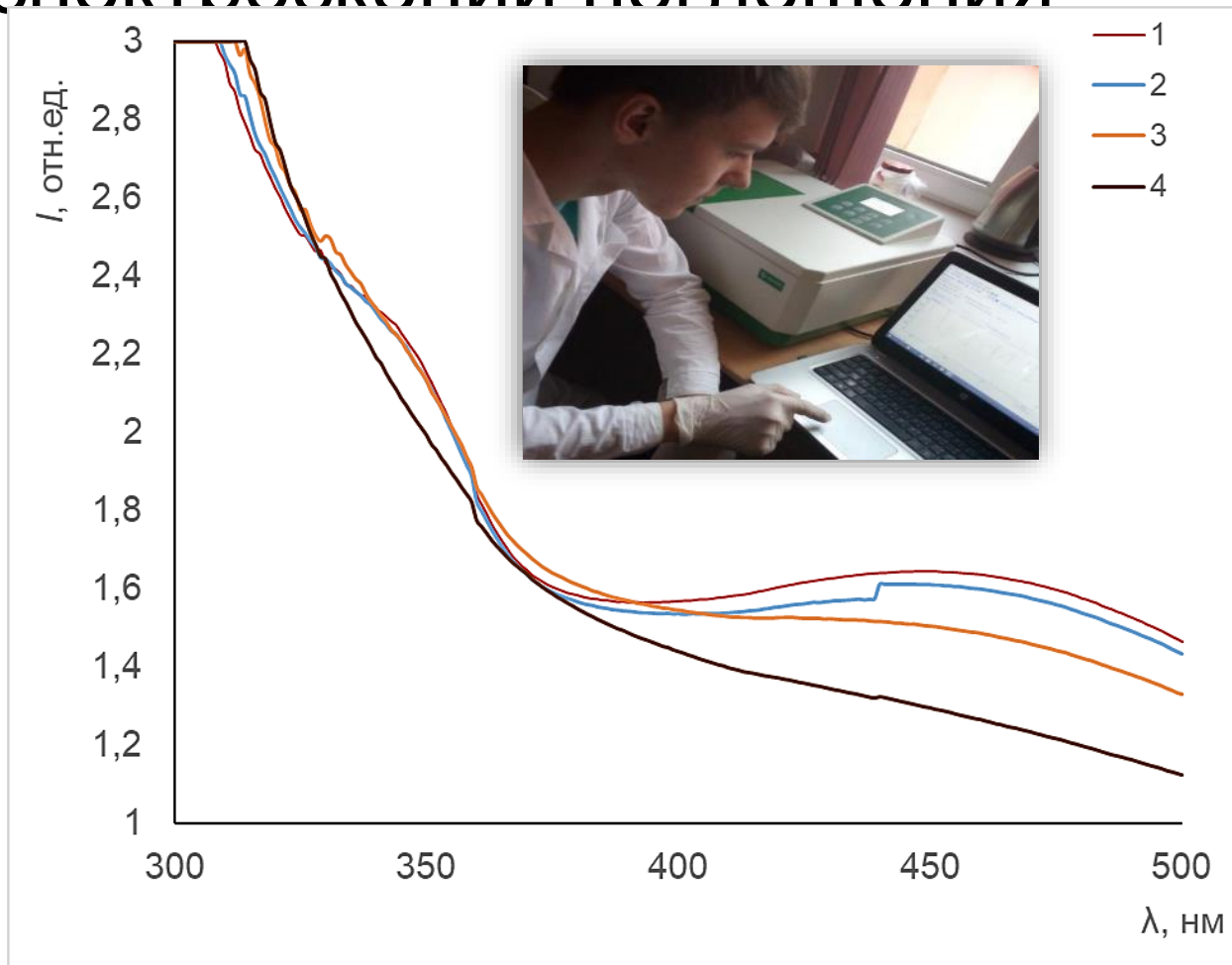
# Данные сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ)



# Результаты электронной спектроскопии поглощения



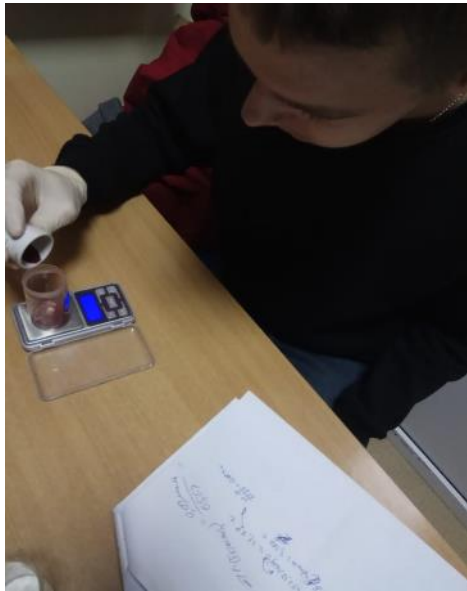
Электронные спектры поглощения смесей  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  (спектр 1),  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 2)  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{асас})_3$  (спектр 3),  $\text{Fe}(\text{асас})_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 4), а также  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{асас})_3 + \text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 5)



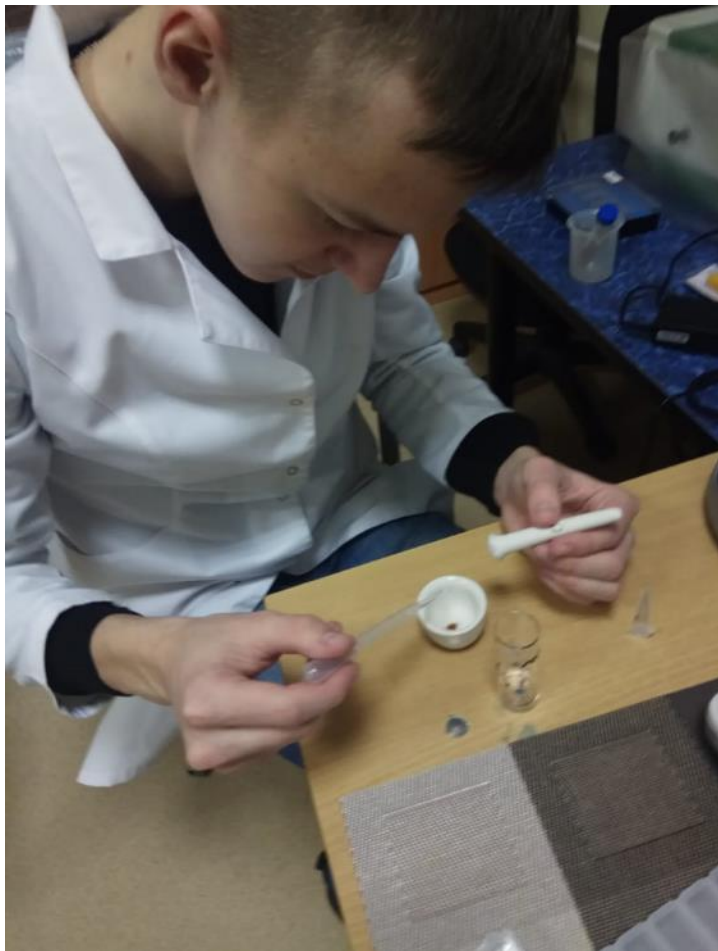
Спектры поглощения смеси  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{асас})_3$  (спектр 1) и её же после добавления: 2 капель 37%-го  $\text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 2), 4 капель 37%-го  $\text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 3), 6 капель 37%-го  $\text{H}_2\text{O}_2$  (спектр 4)



# Получение композита $\text{SnO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$



# Нанесение суспензии композита $\alpha\text{-SnO}_2\text{-Fe}_2\text{O}_3$ на основу для датчика



# Выводы

Мы пока не сумели охарактеризовать и практически применить просинтезированный нами сенсорный наноматериал, но все задачи, перечисленные в начале работы, мы выполнили.

1. Собрали электрическую цепь с датчиком, светодиодной лентой и пьезоэлементом; создали 3D-модель опоры, напечатали её и зафиксировали сенсорную систему на БПЛА.
2. Получили  $\alpha$ -, а затем  $\beta$ -оловянную кислоту и золь кремниевых кислот в этаноле.
3. Провели в автоклаве синтез композита  $\text{SnO}_2\text{-SiO}_2$  ( $[\text{Sn}]/([\text{Sn}] + \text{Si}] = 3/86$ ).
4. Сопоставление электронных спектров поглощения позволило предположить, что путём введения п/к в  $\alpha\text{-SnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O} + \text{Fe}(\text{acac})_3$  37%-ного раствора  $\text{H}_2\text{O}_2$  (<https://yadi.sk/i/9kQc93a1Wpy9gg>) можно изменять величину гипсохромного сдвига «ацетилацетонатной» полосы, т.е. получать гель с заданным положением максимума поглощения, что м.б. крайне перспективным для сенсоров.
5. По данным СЗМ, поверхность плёнки из растёртого  $\beta\text{-SnO}_2$  однородна и состоит их слаборазличимых зёрен; перепад высот не превысил 400 нм.

# Спасибо за внимание!!!

