

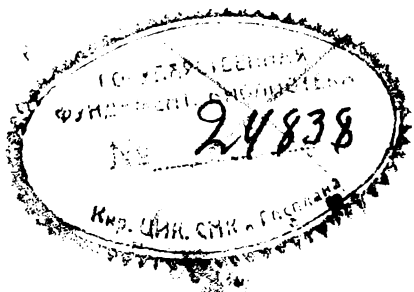
№ 47

К  $\frac{09}{14}$

МЕСТОРОЖДЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ РУД  
И МИНЕРАЛОВ ФЕРГАНЫ  
И  
ЗАДАЧИ ИХ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Д. И. Щербаков

(С 2 рисунками в тексте)



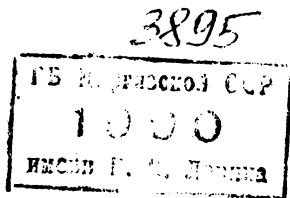
ЛЕНИНГРАД

1924



Напечатано по распоряжению Российской Академии Наук.  
Апрель 1924 года.

Непременный Секретарь, академик *С. Ольденбург*.



Начато набором в апреле 1924 г. — Окончено печатанием в апреле 1924 г.

Ленинградгублит № 5640. — 500 экз.

---

Российская Государственная Академическая Типография

## Месторождения радиоактивных руд и минералов Ферганы и задачи их дальнейшего исследования.

### ПРЕДИСЛОВИЕ.

Печатаемая работа представляет собой рукопись доклада, читанного в открытом заседании Ученого Совета Гос. Радиового Института в январе 1924 г., при участии ряда специалистов, причастных к русскому радиовому делу. В ней сделана попытка сводки скопившихся данных, разбросанных в ряде мелких статей и неопубликованных рукописях, в освещении автора, знакомого лично с описываемыми ниже месторождениями.

Мотивы, заставившие выступить с докладом, были следующие: с Ферганой мне пришлось впервые познакомиться в 1914 г. во время работ Московской Радиовой Экспедиции, участником которой я был. Тогда меня поразила своеобразный металлогенический характер той сравнительно небольшой полосы северных предгорий Алая, которую мы посетили (с крайними пунктами: на востоке — Тюя-Муюнский рудник, а на западе — легендарная пещера Канигут около реки Исфары). Мне казалось, что должна быть какая то связь между открытыми нашей Экспедицией своеобразными минеральными скоплениями, содержащими Ni, V, Р и следы активных начал, приуроченными к рассеянным островкам черных кремнистых сланцев и Тюя-Муюнским уран-ванадиевым месторождением. Только спустя 9 лет мне удалось вновь вернуться к этому вопросу. Пересмотр его в свете новых фактов все более и более убеждает меня в существовании каких то общих причин, обуславливающих однообразие минералогических явлений целых зон Ферганы на больших пространствах.

Если эта точка зрения правильна, то и Тюя-Муюнское месторождение далеко не единственное.

Наиболее заманчивым для ученого является овладение общей законностью, лежащей в основе ряда явлений. Знание общего позволяет решать частные вопросы дедуктивным путем. Но пути научных достижений трудны; им предшествует медленное накопление фактов и развитие мысли по классической схеме индукции. Это накопление фактов идет часто на первых порах крайне случайно и не систематично. Однако, в известный момент, сумма скопившихся данных позволяет объединить их общей идеей, может быть первым приближением существующих законностей и, благодаря этому, более целесообразно организовать очередные исследования. В вопросе о Туркестанских месторождениях радиоактивных руд и минералов мы уже приближаемся к этому моменту. И мне, работающему в этой области, хотелось вынести этот вопрос, где требуется опыт и знания представителей различных дисциплин, на общее обсуждение для того, чтобы подчеркнуть необходимость продолжать существующие начинания и, вместе с тем, яснее осознать пути дальнейших исследований.

---

## Краткая история исследований и главнейшая литература.

Находки радиоактивных урановых минералов в Фергане имеют почти такую же давность, как и открытие радия супругами Кюри и Бемоном.

Источником этих первых находок был Тюя-Муюнский рудник, известный с давних времен туземному населению в качестве медного месторождения. Возможно даже, что первые разработки относятся к той отдаленной эпохе, от которой дошли до нас древнейшие в Фергане погребения (вурганы) с медными вещами. В отвалах этого рудника были найдены молотки из диорита и диабазы, разнообразных форм, от больших и широких, типа кувалд, до узких и клиновидных, с выточенными желобками, служащими для прикрепления к рукоятке. Завоевания края русскими сопровождалось двумя периодами интенсивных поисков полезных ископаемых, в результате которых вновь „открывались“ те или иные разработки или месторождения. Первая поисковая работа шла наряду с завоеванием края. Второй период начался вместе с проведением Ср.-Азиатск. ж. д. в Фергане. Это время выдвинуло своеобразный тип энергичных предпринимателей, которым мы обязаны большинству сведений о месторождениях тех или иных ископаемых. К их числу принадлежал местный деятель В. А. Спечев, юрист по образованию. Им при помощи туземных жителей найдено Тюя-Муюнское месторождение и даже заявлено на свое имя, как медное месторождение. Образцы медных руд, среди которых оказались и урановые минералы, были завезены его родственниками в Ташкент. От этих последних в свою очередь получил их химик Геологического Комитета Б. Г. Карпов, ездивший по делам Комитета в Туркестан. Вывезенные образцы, среди ряда других были им переданы в Ленинграде (лет. 1900 г.) проф. Горного Института И. А. Антипову. Последний нашел в двух образцах кальцита „налеты чешуйчатого сложения из хальколита или медного уранита“. Аналитически уран был тогда же определен Б. Г. Карповым. Названным лицам, однако, точное местонахождение этих минералов оставалось неизвестным. В Ленинграде эти образцы привлекли внимание горного инженера Х. И. Антуновича. Ему удалось вновь разыскать месторождение и летом 1904 г. уже начать разведочные работы. Эти работы (разведка с добычей) производились сначала на личные средства Х. И. Антуновича, а с 1908 г. при

содействии организованного им „Ферганского Общества для добычи редких металлов“ и продолжались с небольшими перерывами до начала войны. Для нас наиболее интересны результаты как алмазного бурения, которое энергично велось в ближайшем соседстве с рудником, так и поисков аналогичных месторождений в окрестностях. К сожалению никаких письменных документов по этому поводу не имеется и весьма вероятно, что за смертью Антуновича эти данные для нас безвозвратно потеряны.

С момента более интенсивных разведочных работ начинается посещение рудника отдельными учеными и экспедициями. Так, в 1909 и 1910 гг. на руднике работал химик-минералог К. А. Ненадкевич, командированный туда Академией Наук совместно с Минералогическим Обществом. В 1910 г. месторождение посещается минералогами (тогда еще студентами) В. А. Зильберминцем и В. А. Мироновым.

В 1911 г. на Тюя-Муюне побывали акад. В. И. Вернадский, проф. Я. В. Самойлов и К. А. Ненадкевич.

В мае 1914 г. на рудник заехала Московская Радиевая Экспедиция<sup>1)</sup> во главе с проф. А. А. Черновым и геологом И. А. Преображенским. Этим же летом, но несколько позже в окрестностях рудника работала специальная Радиевая Экспедиция Академии Наук. В ее состав входили: геологи — Д. И. Мушкетов и Д. В. Наливкин, петрограф — В. И. Луцицкий, минералог — Б. А. Линденер, радиолог — Л. С. Коловрат-Червинский.

Московская Экспедиция в 5-ти месячный период работ проходит полосу предгорий Алайского и Туркестанского хребтов, от Тюя-Муюна и почти до меридиана г. Ходжента, посещает ледники северного склона Туркестанского хребта с развитыми около них пегматитами, переваливает в Алайскую долину, спускается по реке Кок-Су и возвращается через перевал Тентгиз-Бай по реке Испайрану в г. Скобелев.

Академическая Экспедиция исследует долину р. Араван, группу гор Чиль-Устун и Чиль-Майрам, окрестности рудника, посещает Кичик-Алай и на востоке доходит в лице отдельных представителей до Гульчи.

В 1915 г. подробное минералогическое изучение долины р. Араван производится Б. А. Линденером и М. Г. Богословским. В 1916 г. эти работы продолжает М. Г. Богословский, и переносит их осенью в более западный район (окр. сел. Вуадиль). В 1917 г. летом по своей инициативе продвигает небольшую экскурсию С. П. Александров совместно с А. П. Бушуевой. Ими посещаются долины рр. Испайран и Шахимардан (в средн. течен. рек). В 1920 г. С. П. Александров и А. П. Бушуева пытаются проникнуть на Тюя-Муюн, но неудачно. В Ташкенте ими опро-

1) Организованная на средства московских промышленников во главе с П. П. Рябушинским.

буется на радиоактивность коллекция минералов и руд бывшего Горного Округа, кроме того совершается экскурсия по реке Чаткалу, сопровождаемая опробованием шлихов из речных песков.

В 1922 г. благодаря инициативе и энергии С. П. Александрова осуществляется Экспедиция на Тюя-Муюнский рудник на средства Гос. Рад. Института и Центр. Упр. Пром. Разведок.

Экспедиция вызвана желанием поддержать нарождающуюся русскую радиевую промышленность; последняя начала развиваться на секвестрованных остатках Ферганского Об-ва, благодаря удачному разрешению технологии сложных Тюя-Муюнских руд и овладению методами извлечения из них радия (работы И. Я. Башилова и В. Г. Хлопина). Впервые после работ этой Экспедиции в печать проникают точные сведения о Тюя-Муюнском руднике и о запасах полезных элементов верхних, доступных осмотру, частей месторождения.

В 1923 г. месторождение переходит для промышленной эксплуатации к Объединению Бондюжских Химических Заводов. В летний период 1923 г., наряду с организацией рудника шла также научно-исследовательская работа геологического, минералогического и радиологического характера.

Заключивая этот краткий перечень, необходимо отметить серию работ, не связанных непосредственно с исследованиями радиоактивных руд и минералов Ферганы, но чрезвычайно нужных и важных для этих задач: это многолетняя геологическая съемка северных предгорий Алайского и Туркестанского хребтов, которая велась по поручению Геологического Комитета геологами В. Н. Вебером и Д. И. Мушкетовым (главным образом с 1909 и по 1916 г.), с целью составления геологической карты десятиверстного масштаба.

Уместно также назвать ряд аналитиков, работавших и работающих над ферганскими урановыми рудами и минералами: это Б. Г. Карпов (хим. лаб. Геол. Ком.), покойный И. А. Антипов (Ленингр. Горн. Инст.), Ю. А. Ненадкевич (геохим. лаб. А. Н.), Г. П. Черник (хим. лаб. Моск. Унив.), А. Н. Кузнецов (Ленингр. Горн. Инст.), В. Г. Хлопин (Гос. Рад. Инст.), И. Я. Башилов (Бондюжские Заводы — Тихие Горы на р. Каме), П. А. Волков (Гос. Рад. Инст.), А. Г. Елисеев (Гос. Рад. Инст.).

Если возможность использования русского радиоактивного сырья связана с научной деятельностью перечисленных лиц, то организация самой радиевой промышленности осуществилась в значительной мере благодаря начинаниям и энергии В. И. Глебовой — химика специалиста по редким элементам в химическом секторе В. С. Н. Х.

## Список главнейших печатных работ и рукописей

(в хронологическом порядке).

Приводимый ниже список печатных работ и рукописей отражает до известной степени научно-исследовательскую деятельность перечисленных лиц.

### 1900 г.

1. И. А. Антипов. О новом месторождении урановой слюдки в России. Зап. И. СПб. Минер. Общ., ч. XXXVIII, вып. II, 1900 г. Протоколы засед., стр. 38—41. Заметка содержит анализ и описание минерала, выделенного из известкового шпата, обработкой слаб. HCl, соответствующего по составу соединению Debray'a.

### 1904 г.

2. В. Вернадский и Я. Самойлов. Обзор работ по минералогии России. II, 1899—1900 г. Ежег. по геол. и минер. России, т. VI, 1903—1904 г. Фоглит (?), стр. 153. Краткое описание фоглита по И. Антипову.

### 1906 г.

3. Chr. Antoonovich, M. E. Tuva-Muyun uranous copper ore deposit. St.-Petersb. 1906 г., содерж. 9 стр. и 2 табл.: 1) с планами и разрез. верх. гор. рудника и буров. скваж., 2) с планом и разрез. „Большой Пещеры“. Коротенькое описание рудника и окрестностей, имеющее характер проспекта с указанием главнейших результатов разведочных работ 1904, 1905 и 1906 гг., рядом анализов и подсчетах запасов.

### 1908 г.

4. И. А. Антипов. Минералы из месторождения Тюя-Маюн в Ферганской обл. Горн. Журн., т. IV, 1908 г., стр. 255—263. Работа повторяет результаты исследований 1900 г. и дает ряд новых описаний минералов с их анализами, как то: ферганит (оптически. изуч. С. Ф. Глинкой), фольбортит, ломонтит, а также ряд аналитических данных для минералогически не индивидуализированных тел.

### 1909 г.

5. К. А. Ненадкевич. Туранит и алаит — два новых ванадиевых минерала. Изв. И. Ак. Наук, VI серия, т. III, 1, 1909 г., стр. 185—186. Это краткое предварительное сообщение содержит внешнее описание двух новых минеральных видов и их химические формулы, без данных анализа и точных крист. или опт. констант.

## 1910 г.

6. В. Вебер. Геологические исследования в Фергане в 1909—1910 гг. Изв. Геол. Ком., т. XXIX, вып. XI, 1910 г., стр. 603—695, с геол. карт. 1 : 210000. Эта ценная работа исключительно геологического характера содержит геологич. описание северн. предгорий Туркестанского и Алайского хребтов между р. Сох и р. Исрайран, а также описание 2 профилей: по р. Шахмардану и р. Исрайрану. В виду общности строения предгорий названных хребтов и далее к востоку, представляет ценное пособие для понимания геологии более восточного Тюя-Муянского района.

7. В. Вернадский. Заметки о распространении химических элементов в земной коре. Изв. И. Ак. Наук, VI серия, т. IV, 1910, стр. 1147. Пять строчек, посвященных баритам Тюя-Муянского месторождения и упоминание о резких линиях стронция в спектре бария.

8. В. А. Зильберминц. Предварит. отчет о поездке в ю. Фергану, Тр. Студ. Ест. Круга СПб. Универс. 1910 г., стр. 290—296. Коротенькое описание маршрутов-пересечений Алая (пер. Тенгиз-бай, Терс-Агар) и Кичик-Алая (пер. Джейран-бель) с упоминанием встреченных минералов.

9. В. А. Мионов. Месторождение радиоактивных минералов (к отчету о поездке в ю. Фергану). Тр. Студ. Ест. Круга Петерб. Унив., 1910 г., стр. 286—290. Заметка содержит данные определения радиоактивности 6 минералов с рудника электрометром Вильсона, перечисленные по ториевому эталону.

## 1911 г.

10. Chr. Antoonovich, M. E. Tuva Muyun uranium vanadium copper ore deposit. St.-Petersb., 1911 г., 13 стр. Подобно заметке 1906 г. носит проспективный характер несколько рекламного типа и, до некоторой степени, повторяет ее содержание. Содержит очень краткое описание (геол.) окрестн. рудника, самого местор., истории его, затем сводку анализов (средн. проб и отд. штуфов руды), соображения об обработке руды, экономических и рыночных условиях.

11. В. И. Вернадский. О необходимости исследования радиоактивных минералов Российской Имп. СПб., изд. Ак. Наук, 1911 г., (2 исправленное и дополн. изд.), содерж. 58 стр. В этой работе, посвященной истории урана и тория в земной коре (чрезвычайно ценной с точки зрения общей картины химической жизни урана и тория — см. более поздн. изд. 1914 и 1915 гг.) Тюя-Муянские руды и район упоминаются на стр. 23 (о содерж. таллия), стр. 53 и 56 (желательные наблюдения в Фергане).

12. Д. И. Мушкетов. Восточная Фергана (предварит. отч. о работ. 1909—1911 гг.). Изв. Геол. Ком., т. XXX, 1911 г., стр. 791—845, с геол. карт. Вост. Ферг. 10-верстн. машт. (см. также „отчеты“, стр. 265). В западной части описываемого листа находится Тюя-Муюнское месторождение. Кроме общих сведений по геологии района — краткий перечень полезных ископаемых.

### 1912 г.

13. В. И. Вернадский. Радиоактивные руды в земной коре. Изд. Общ. им. Х. С. Леденцова. Москва, 1912 г., содерж. 17 стр. На стр. 13 краткое упоминание о Тюя-Муюнском месторождении интересное тем, что написано оно вскоре после посещения рудника В. И. Вернадским.

14. К. А. Ненадкевич. Тюямунит — новый минеральный вид. Изв. И. Ак. Наук, VI сер., т. VI, 2, стр. 945—946. Приводится анализ и формула нового минерала — тюямунита. Оптика и кристаллогр. данные отсутствуют.

### 1913 г.

15. В. Вебер. Полезные ископаемые Туркестана. Изд. Геол. Ком., СПб., 1913 г., 208 стр. и карта Туркест. с обознач. пол. иск. масштаба 40 в. в дюйме. Этот ценный труд содержит перечень по администр. ед. всех полезн. ископ. края с кратким описанием месторождений главных из них (и ссылками на лит. ист.). Тюя-Муюнское месторождение описывается на стр. 115—116. Краткое описание разработок и геологии ближайших окр.

16. В. Вебер. Отчет о работах в Фергане в пределах сев. пол. листа 10 в. карты (Р. VII, л. 6). Изв. Геол. Ком., т. XXX, 1914 г., стр. 102. Коротенький отчет содержит важные указания для стратиграфии сланцевых свит, описанных в раб. 1910 г. и для тектоники района.<sup>1)</sup>

### 1914 г.

17. В. Вернадский. О необходимости исследования радиоактивных минералов Росс. Имп. (изд. 3-е, переработ.). Труды Радиов. Экспед. И. Ак. Наук, № 1, 1914 г., 80 стр. Содержит краткое описание радиоактивных руд вне России, историю урана, радия и тория в земной коре, обзор месторождений радиоактивных минералов России и задачи их исследования. О Тюя-Муюнских минералах и месторождении: стр. 29, 30, 41, 52, 67 и 68.

---

1) В годовых отчетах о деятельности Геол. Ком. содержатся вообще ценные сведения о геол. работах по Туркестанской линии, являющиеся пока единственным более новым опубликованным материалом ведущихся 10-ти верстн. съемок. См. Изв. Геол. Ком. с 1910 по 1917 гг.

18. В. Вернадский. Краткий отчет о ходе исследования радиоактивных местор. Росс. Имп. летом 1914 г. Изв. И. Ак. Наук 1914 г., стр. 1353—1384. Страницы 1378—1383 содержат общие соображения о генезисе Тюя-Муюнского месторождения и обзор главных результатов, достигнутых работниками Ферганской Акад. экспедиции 1914 г. (в окрестностях радиового рудника).

## 1915 г.

К этому и следующим годам относится ряд ценных рукописей-отчетов, приготовленных для печати, что однако не осуществилось до сих пор.

19. В. И. Вернадский. О радиоактивных химических элементах в земной коре. Журн. „Практич. Медицина“ за 1915 г. П. Г. Мезерницкий. Физиотерапия, т. III, стр. 143—196. Петроград, 1915 г. Геохимия радия, урана и тория, таблица урановых минералов (54 представителя), таблица ториевых минералов. Непосредственных упоминаний о Тюя-Муюнском руднике нет, но статья способствует пониманию процессов концентрации и выветривания радиоактивных руд Ферганы.

20. В. И. Лучицкий. Радиоактивные минералы в России. „Физическое Обозрение“, т. 16, № 4, Киев, 1915 г. стр. 185—193. Популярный очерк, развивающий положения В. И. Вернадского (13) (17) в применении к русским месторождениям. Тюя-Муюну посвящены стр. 189—192.

21. В. И. Лучицкий. Исследования в области известняковых контактов хребта Киргиз-Ата (в Фергане). Рукопись начата была печатанием в Трудах Геол. и Минер. Музея Ак. Н. Набор разобран. Около 4 печатных листов. Цель работы — сравнительное изучение контактов и пород сиенитов и диоритов хребта Киргиз-Ата, расположенного в 50 кл. к Ю. от Тюя-Муюнской гряды, где также есть контакты изверж. пород.

22. Д. И. Мушкетов. Чиль-Устун и Чиль-Майрам. Труды Геол. Ком. Нов. сер. Вып. 100. 1915 г. 122 стр. 9 табл. и 2 рис. в тексте. Монография, посвященная стратиграфии, тектонике и геоморфологии группы гор, расположенных к северу от Тюя-Муюнского рудника в 20 кл. Затрагивает также геологию всей долины р. Араван. Очень ценна для понимания геологии окр. рудника.

23. И. А. Преображенский. Месторождения радиоактивных минералов и других полезных ископаемых западной Ферганы. Рукопись, принятая теперь к печати в Трудах Гос. Рад. Инст. и Рад. Экспед. Ак. Н. (начиная теперь новая серия будет носить название „Труды по изучению радия и радиоактивных руд“. Р. А. Н.), содерж. около 3 печ. лист. текста, ряд карт и фотографий. Работа излагает главные результаты Московской Радиовой Экспедиции 1914 г. Распадается на 2 части: 1. Месторождения активных минералов; 2. Месторождения неактивных полезных ископаемых. В первой части описываются преимущественно месторождения своеобраз-

ного ванадиево-никкелевого, слабо активного минерала, названного впоследствии В. И. Вернадским „коловратитом“. (Кара-Чагыр, Сары-Камыш, Туль, Чарку). Целая страница уделяется геологии Тюя-Муюнского рудника.

24. А. П. Снесарев. Материалы по распределению активности в западной части Ферганской обл. Рукопись, принятая теперь к печати в Тр. Гос. Рад. Инст. и Рад. Эксп. Ак. Н., объемом около 3 печатных листов. Содержит данные о полярной проводимости воздуха западной Ферганы, полученные наблюдениями с прибором Гердиена, об активности вод западной Ферганы (измерения производились дорожным электрометром Шмидта). Кроме того приводятся анализы и определения активности пород и минералов, собранных экспедицией.

### 1916 г.

25. Л. С. Коловрат-Червинский. Измерения радиоактивности вод и воздуха пещер в Ферганской области. Труды Рад. Эксп. Ак. Н. № 8, 1916 г., 17 стр. Это результаты работ 1914 г. приобретающие особенную ценность при сопоставлении с данными по геологии района Д. И. Мушкетова, Д. В. Наливкина и В. И. Лучицкого.

Д. И. Мушкетов и Д. В. Наливкин. Геологическое описание долины р. Араван. 1. Введение. 2. Общий геологический очерк. Д. И. Мушкетов, 27 стр. 3. Палеозойские отложения долины р. Араван. Д. В. Наливкин, 16 стр. Рукопись хранится в Академии Наук.

26. Д. И. Мушкетов. Общий геологический очерк окрестностей Тюя-Муюнского рудника. Представляет собой как бы объяснительный текст к геологической карте одноверстного масштаба, составленной на основании наблюдений Д. Наливкина и собственных во время работ Акад. Экспед. 1914 г., и касается главным образом складчатых и сбросовых явлений.

27. Д. В. Наливкин. Палеозойские отложения долины р. Араван. Касается преимущественно стратиграфии района. Обе вышеуказанные работы сопровождаются геологической картой долины р. Араван, заключающей в себе месторождение Тюя-Муюна; основа карты представляет уменьшения соответственных полуверстных листов военно-топографической съемки.

28. Кроме этой карты существует другая, петрографическая, на той же основе, составленная В. И. Лучицким в том же 1914 г. Рукописи и карты хранятся в Академии Наук.

29. Там же находятся копии 2-х заявок, сделанных М. Г. Богословским в октябре 1916 г. на коловратиты (кремнистые сланцы в овраге Анхор и Кыан-Куль в окрестностях с. Вуадила).

30. Справка, представленная правлением Ферг. Общ. для добычи редк. мет. Верховн. Нач. Сан. и Эвак. част. принцу А. П. Ольденбургскому 12 ноября 1916 г. Копия в Гос. Рад. Инст. Сведения о количестве добытой обществом руды и % содержание в ней полезн. окислов.

1917 г.

31. В. Вебер. Полезные ископаемые Туркестана. Прибавление I, Изд. Геол. Ком. 1917 г., 97 стр. Интересна тем, что содержит некоторые данные из работы И. А. Преображенского, напр. анализы коловратитов с Кара-Чагыра (стр. 42) и указ. месторождения ванад. мин. (стр. 51).

1918 г.

32. В. К. Бобр. Ванадий, его нахождение в природе, обработка руд и применение. Изв. Горн. Отд. 1918 г., № 4, стр. 23—39. Тюя-Муюнск. месторожд. посвящены стр. 29—30; описание рудника не оригинальное. Приводятся данные о количестве руды, добытой и переработанной Ферг. Общ. с указ. средн. сод. полезн. окислов.

33. К. И. Ненадкевич. Месторождение Тюя-Муюн. Сборн. Е. П. С. России, т. IV, вып. 14, „Ванадий“ изд. К. Е. П. С. 1918 г., стр. 7—10. Небольшая, очень содержательная статья, освещающая характер рудных скоплений Тюя-Муюнского месторождения и процессов их изменения.

1920 г.

34. А. П. Вушугева. Отчет о работах, произведенных в Туркестане в 1920 г. представленный Коллегии по организации Радиевого Завода. Рукопись. Коротенький отчет содержит интересные данные опробования на радиоактивность; 1. Минералогической коллекции музея бывш. Турк. Горн. Окр. 2. Шлихов р. Чаткала и источников того же района. 3. Шлихов коллекции горн. инж. И. И. Рутковского.

1922 г.

35. С. П. Александров. Тюя-Муюнская Радиевая Экспедиция 1922 г. Горн. Журн. № 10—12. 1922 г., стр. 415—416. Предварительное сообщение: описание выработок по горизонтам, запасы руды.

Кроме того ряд подготовленных к печати материалов Тюя-Муюнской Радиевой Экспедиции 1922 г., из них упомянем:

36. А. А. Анискович. Краткий отчет по экспедиции 1922 г. на Тюя-Муюнский рудник;  $\frac{1}{8}$  печатн. лист. Интерес представляет подробное описание выработок рудника, сопровождаемое планом, составленным по данным бусеольной съемки (масшт.  $\frac{1}{200}$ ); разрезы рудного тела и описание способа определения запасов месторождения.

37. В. И. Вернадский. О новом никкелевом минерале-коловратите. Доклады Росс. Ак. Наук 1922. А, стр. 37. Вернадский устанавливает вероятно новый минеральный ряд ванадатов никкеля, на основании данных

И. А. Преображенского и И. Д. Старынкевич, о минеральных скоплениях с Кара-Чагыра и Киан-Куля в Фергане.

38. Г. П. Черник. Анализы урано-ванадиевых руд Тюя-Муюнского месторождения Ферг. обл. Изв. Росс. Ак. Н., VI сер., № 1—8, 1922 г., стр. 505—514. Содержит: химический состав средней пробы руды, анализ кальцита с урановыми минералами, описание и анализ минерала типа Ферганита, анализ почти черного минерала, выделенного из „рудного известняка“. Интересный и точный аналитический материал.

### 1923 и 1924 гг.

39. С. П. Александров. Радиовая промышленность в России. Горн. Журн. № 12, 1923 г., стр. 791—795 и № 1, 1924 г., стр. 14—20. Общий обзор всех достижений радиевого дела, связанного с Тюя-Муюнским рудником.

40. Б. К. Бруновский. Материалы по распределению активности в минералах и источниках окр. Тюя-Муюнского рудн. Рукопись в  $\frac{1}{2}$  листа. Результаты работ 1922 и 1923 гг. на руднике. В части касающейся источников, в общем повторяет выводы Коловрат-Червинского. Интерес представляют данные об активности минералов рудника и окрестностей.

41. Г. О. Ерчиковский. Полевой  $\gamma$ -электроскоп и его применение для поисков радиоактивных руд. Принята к печати в Горн. Журнале (1924 г.). Принцип устройства прибора, его описание; данные о работе с ним летом 1923 г. на Тюя-Муюнском руднике. Критика метода радиолога Богоявленского.

42. А. С. Моисеев. Находка фауны граптолитов в районе Т.-М. Гос. Рад. Рудн. Доклады Р. А. Н. 1924. Предварит. описание верхнесилурийских граптолитов из сланцев около Тюя-Муюнского гребня.

43. В. Г. Хлопин. Радий и его получение из русского сырья. Труды по изучению радия и радиоактивных руд. Росс. Ак. Наук., вып. I, 1924 г., окол. 15 печ. лист. Солидная монография, посвященная вопросам технологии радия. Содержит подробную историю вопроса в России. Сводка анализов: описание рудника заимствовано из старых работ; интерес представляет попытка опред. возраста месторождения на основании отношения U к Pb.

Для полноты списка нужно еще упомянуть:

44. Химико-технический справочник. I. Ископаемое сырье — виды сырья, изд. 2-е, под ред. Ак. А. Е. Ферсмана и Д. И. Щербакова. Научн. Хим. Тех. Изд. Пгр. 1923 г. Статьи: Ванадий (В. Вернадский и Б. Линденер), Уран и радий (В. Вернадский с дополн. Д. Щербакова).

45. Журнал „Природа“ № 7—12, 1923 г. Изд. К. Е. П. С. Ленинград. В отделе научных новостей и заметок: Д. Щербаков, „К 25-лет-

нему юбилею радия“ (обзор достижений 1923 г. на Тяя-Муюне), и „Находки месторождений радиоактивных минералов специальными методами поисков“.

Кроме того ряд рукописных отчетов (ежемесячных и др.) всех специалистов, работавших и продолжающих работать на Т.-М. руднике; напр. отчеты А. А. Анисковича, А. Н. Заварицкого, А. П. Кирикова, А. С. Моисеева, Д. И. Щербакова и проч.

Эти отчеты содержат свежий фактический материал и представляют значительный интерес. Подлинники поступают в Правление Бондюжских Заводов и дубликаты имеются в Бюро Учета полезных ископаемых Геологического Комитета.

Уже беглый просмотр этого списка позволяет сделать некоторые выводы:

1. Бросается в глаза преобладание рукописного, неопубликованного материала. 2. Сопоставление количества посещений Ферганы отдельными лицами и экспедициями, преследовавшими изучение радиоактивных явлений, с количеством написанных работ, и написанного вообще, ясно говорит о том, что большой фактический материал еще не зафиксирован в письменной форме и находится в распоряжении тех или иных лиц.

Рациональная организация русского радиевого дела требует: 1. *возможно скорого напечатания имеющихся рукописей*, что даст возможность ознакомиться с материалами по радиоактивным минералам и рудам Ферганы большому кругу специалистов, способствуя критическому обмену мыслей, возникновению новых точек зрения и привлечению новых свежих сил.

2. Наряду с организацией новых работ, попытки использования невыявленного еще фактического материала.

Приступая к изложению темы доклада необходимо оговорить использование разнообразных материалов, данных наблюдений и исследований ряда научных работников Академии Наук и Радиевого Рудника, предоставленных в распоряжение автора как Академией Наук, так и Администрацией Тяя-Муюна, за что он приносит свою искреннюю благодарность. Большая часть этих материалов будет по надлежащей обработке и систематизации опубликована в отдельных работах авторов этих наблюдений.

### Местоположение Тяя-Муюнского рудника.

Тяя-Муюнский уран-ванадиевый рудник находится в северных предгорьях Алайского хребта (Фергана), в 62 км. по колесной дороге к Ю.-В. от ст. Федченко<sup>1)</sup>, Ср.-Аз. ж. д. Его координаты: 40° 21' 22" сев. шир. и 42° 15' 21" вост. долг. от Пулково.

---

1) Ст. Федченко расположена между ст. Горчаково (Маргелан) и ст. Андижан.

Окрестности рудника представляют собой плато, слабо наклоненное к северу, средн. выс. н. у. м. 1400 метр.; поверхность его сложена третичными и потретичными конгломератами и лессовидными почвами. Река Араван<sup>1)</sup>, текущая в сев.-зап. направлении прорезает его на глубину в 300 с лишним метров. Размывающая деятельность дождевых и снеговых вод, стремящихся к своему местному базису эрозии—реке, вскрыла слагающие плато породы на значительном пространстве и обнаружила внутренне строение его из стоящих на головах или круто падающих палеозойских свит широтного простирания.

Те же процессы эрозии, как бы отпрепарировали из общей массы пород тот известняковый широтно идущий гребень, носящий теперь название „Тюя-Муюнский“, в западной оконечности которого (на южн. склоне) расположен радиевый рудник. Хребтик тянется от рудника к востоку, примерно на 6 км. постепенно и очень слабо повышаясь (от 1200 метр. до 1500). Западнее и восточнее он исчезает под покров потретичных конгломератов. Наибольшая ширина его около 650 метр., поверхность сглажена, оба же склона, сев. и южн. — почти отвесны. Издали он производит впечатление резко очерченного мрачного длинного монолита, погруженного в чуждую ему сланцевую массу. (Это удачное сравнение впервые сделано Д. И. Мущкетовым, см. 26). Ближайшее изучение показывает, что это первое впечатление имеет вполне реальное основание.

Гребень сложен слоистыми известняками ниже-каменноугольного возраста, стоящими на головах. С севера и юга известняки зажаты в углистые сланцы (иногда кремнистые) содержащие верхне-силурийскую фауну граптолитов. Углистые сланцы к северу и югу переходят в кремнистые, яшмовидные, переслаивающиеся с воюющими известняками. Всю эту свиту прорезывают пластовые интрузии основных пород, вулканические брекчии, порфировые и кератофировые жилы; изверженные породы подходят местами вплотную к известнякам Тюя-Муюна.

Известняки гребня носят следы сильного дробления; их однородность нарушена мелкими сдвигами и сбросами. Многочисленные трещины кливажа рассекают породу в разнообразных направлениях; преобладает система вертикального кливажа с простиранием плоскостей в  $335^{\circ}$  и  $40^{\circ}$  и их рассекает еще система полого падающих плоскостей. Кроме этих — ряд плоскостей иных направлений, но менее закономерно повторяющихся; среди них часты почти вертикальные трещины с азимут. прост.  $0-10^{\circ}$ . Известняки Тюя-Муюна местами ясно слоисты, а также сланцеваты; преобладают светло-серые мраморовидные разности с красными крапинками и прожилками; при ударе они, на некоторых участках, сильно пахнут сероводородом и битумами. Они совершенно не изучены ни петрографически, ни хими-

---

1) Выше ущелья Танге она носит название Ишки-Джан.

чески. Местами в гребне слоистые известняки сменяются сплошными значительными участками плотной известняковой же брекчин.

Известняки Тюя-Муона сравнительно слабо затронуты карстовыми процессами; тем не менее в гребне есть ряд небольших полостей и пещер карстового типа. Обычно и Тюя-Муонское месторождение описывается, как ряд полостей карстового типа, затронутых процессами рудообразования (13), (20).

### Выработки и естественные полости рудника.

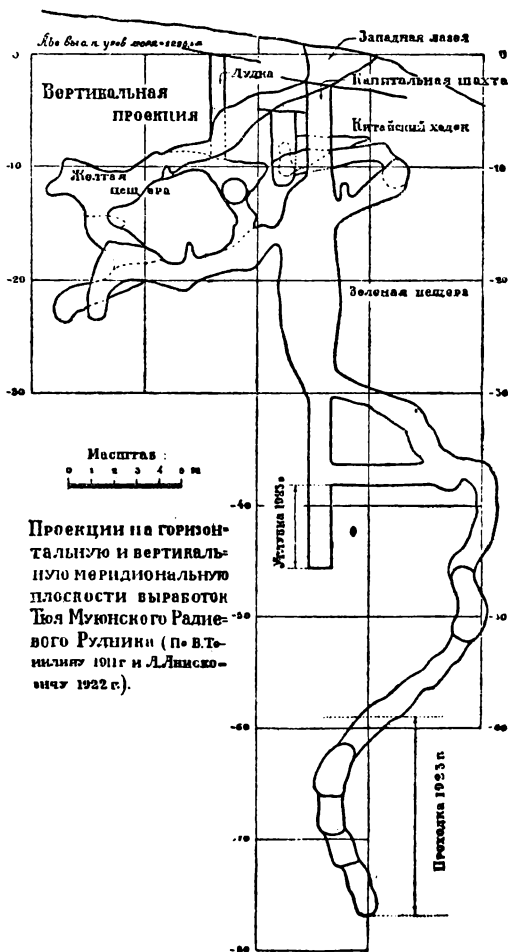
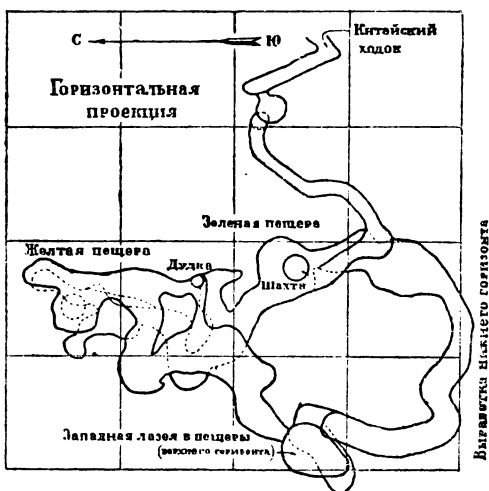
Эти естественные пещеры расположены в западной оконечности хребта, на его южном склоне, не далеко от того места, где он уходит, заметно понижаясь, под покров третичных и более молодых конгломератов. Представление об их характере и размерах даст прилагаемый план и проекция разреза на меридиональную плоскость. Эти чертежи составлены следующим образом: в основу положена маркшейдерская съемка горн. инж. В. Н. Томина, сделанная в феврале 1911 г. К этому добавлены данные буссольной съемки „нижнего горизонта“ подземных выработок, произведенной в августе 1922 г. горн. инж. А. А. Анисковичем и дополненные в октябре 1923 г. военн. топ. Г. П. Александровым. Сделано это с целью воспроизвести полости в их более естественном виде, какими они были до начала эксплуатационных работ, которые к 1924 г. значительно видоизменили картину „верхнего горизонта“ подземных выработок. Трубочатая полость нижнего горизонта не существовала, как таковая, до разведочных работ и всецело обзавана выемке рудного тела из жилы.

Подземные выработки рудника по характеру и глубине залегания рудного тела, а также по особенностям разработки, могут быть рассматриваемы, как 2 горизонта.

Верхний горизонт, до отметки в — 16 метр. представляет сложную систему взаимно связанных естественных полостей, проходы между которыми, в виде узких и коротких выработок, расчищены взрывными работами (Антуновича). Выработки верхнего горизонта имеют небольшой сравнительно уклон.

Нижний горизонт, начинается на глубине в 26 метр. и представляет вначале группу четкообразно следующих пещер, небольших размеров, соединения между которыми также расчищены взрывными работами. С отметки в — 35 метр. нижний горизонт приобретает характер трубочатой выработки, которая, следуя направлению рудного тела изгибается винтообразно, имея падение от  $45^{\circ}$  до  $60^{\circ}$  и достигает в настоящее время глубины в 74 метра.

Как бы соединительным звеном между верхним и нижним горизонтом является большая, сильно удлинённая в вертикальном направлении пещера (так наз. „Зеленая“), диаметр. средн. сеч. до 8 метр. и глуб. до 25 м.



Проекция на горизонтальную и вертикальную меридиональную плоскости выработок Тюя Муюнского Радиевого Рудника (п. В.Теминский 1911 г. и А.Лавинский 1922 г.).

Пещерообразные выработки, идущие круто вниз на ю. ю. в. связывают эту „зеленую пещеру“ с нижним горизонтом.

Подземные выработки соединяются с поверхностью двумя искусственными шахтами и двумя естественными, искусственно уширенными выходами пещер на дневную поверхность.

Одна из шахт, так наз. „главная“ была заложена над зеленой пещерой: пройдя 6 метр. по пуст. породе она попадает в зеленую пещеру, которая в настоящее время служит средней частью шахты. Из дна зеленой пещеры, на вертикальном продолжении верхнего выхода пробито шахтообразное углубление на 6 метр., от конца которого идет коленчатый ходок, разработанный в пустой породе и связывающий нижний горизонт с главной шахтой. В настоящее время ствол шахты углубляется.

Для нас более интересны естественные выходы на дневную поверхность к которым можно отнести так наз. „китайский ходок“ или юго-вост. штольнообразный вход и так наз. „западный“ расширенный пещерообразный ход (западная лазей).

Китайский ходок представляет собой узкую, коридорообразную коленчатую полость, горизонтальную или слабо наклонную, вначале открытую; азимуты простирания отдельных колен совпадают в общем с преобладающими направлениями плоск. кливажа Т.-М. гребня. В своем начале открытый еще ходок пересекается типичным коротким карстовым колодцем (гл. 5 мтр.) со слепым концом; уже из этого колодца начинается подземная часть хода, которая, после крутого заворота подходит к середине вертикальной зеленой пещеры. Пройдя нависшим над шахтой карнизом выработка вступает во вторую небольшую пещеру, соединяющуюся своим суженным продолжением с так наз. „Желтой Пещерой“. Из этой второй пещеры существует еще ход, идущий вверх, в выработки верхних пещер,

Желтая Пещера вытянута с ю.-з. на с. -в. и имела к началу эксплуатационных работ 1923 г. следующие размеры: 16 метр. в длину, 8 метр. в шир. и 8 в высоту. Нижняя часть стенок пещеры была частью выбрана работами Антуновича, благодаря чему обнажался рудный и пустой известняк. Верх представлял натечную корку и сталактиты. Верх восточной части желтой пещеры соединяется с верхними пещерами, которые в виде трубчатой выработки диаметром до 5 метров поднимаются в ю.-з. направлении и проектируются на дневную поверхность в виде круглого отверстия с diam. около 3 метров (так наз. западный ходок или лазей).

Рассматривая план рудника можно заметить, как-будто некоторую закономерность ходов верхнего горизонта, именно связь карстовых ходов с существующими направлениями трещин кливажа.

Оруденение коснулось в верхних горизонтах и зеленой пещере главным образом известняковых стенок пещер, причем распространилось на различную, но в общем небольшую глубину (до 1,3 мтр.).

Рудные элементы: Ва, V, Си, U, Fe дают ряд разнообразных соединений, характерных для верхней окисленной зоны рудн. месторождений. Скопления рудных минералов выполняют иногда нацело небольшие полости в известняках: к рудным телам можно также отнести глинистые продукты, содержащие довольно высокий  $\frac{\circ}{\circ}$  полезн. металлов и выполняющих углубления и полости в известняках.

## Минералы рудника.

Минералогически, рудные тела изучены весьма слабо; можно указать на 3 группы опубликованных работ, именно: И. А. Антипова — (1), (4), К. А. Ненадзевича — (5), (14), (33), и Г. П. Черника — (38).

Определения И. А. Антипова уже несколько устарели и требуют согласования с современными данными минералогии. Определения К. А. Ненадзевича можно рассматривать лишь как предварительные; описания минералов носят незаконченный характер, что впрочем отмечает и сам автор. Г. П. Чернику пришлось вести исследования над более или менее случайным материалом, ограничивающим свободу выбора минералов, который невозможно к тому-же привязать к определенной точке рудника.

И. А. Антипов описывает следующие минералы и минеральные скопления, редко отмечая их точное месторождение в природе:

1. Фоглит —  $(\text{CO}_3)_2(\text{UO}_2)\text{Cu} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ; Сист. правильн. уд. в. 3,35. Чешуйки на кальците.

2. Дебреит (!) —  $(\text{U}_2\text{O}_3)\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; Чешуйки зеленовато-желтого цвета, сод. до 12%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , которое как-бы замещает  $\text{U}_2\text{O}_3$ . Соответствует составу искусственного продукта, полученного Debrau'ем. Встречается очень редко, представляет, вероятно псевдоморфозу.

3. Фергавит —  $\text{V}_2\text{O}_5(\text{UO})_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ; Сист. ромбическая, уд. в. 3,31, тв. около 2-х. Зерна и чешуйки серно-желтого цвета. Оптически изуч. С. Ф. Глинкой: 2 взаимн. перп. сист. плоскостей спайности; плоск. опт. осей  $\perp$  первой и второй сп., „2V“ большое. Ось наиб. упр. параллельна вертикал. осн. Минерал представляет водный ортованадиево-кислый уран; аналитич. определено до 1,22%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Привлекает внимание исследователя, посещающего месторождение.

4. Туркестанский фольбортит —  $\text{Ca}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot \text{Cu}_3(\text{VO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; зеленовато-черный минерал, встречающийся лишь в плотных массах. Уд. в. 3,45, тв. 4. Двойная ортосоль меди и кальция. Встречается в значит. количествах в виде конкреций и скоплений на известняке. Значительно отличается от фольбортитов, описываемых в минералогиях(!).

5. Ломонтит —  $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; желтовато-красное вещество в сплошных массах как-бы натечного характера. Отличается от норм. ломонт. сод. до 2,5%  $\text{V}_2\text{O}_5$ . Не редок.

6. Скульванит(?)— $3\text{Cu}_2\text{S} \cdot \text{V}_2\text{S}_5$ ; очень мелкие частицы с блеском золота, включенные иногда в хризоколле.

Затем описывается весьма кратко ряд тел без определенного состава и крист. формы, а также упоминаются некоторые обычные минералы:

7. Плотные зеленые массы с разнообразными количествами  $\text{V}_2\text{O}_5$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ; иногда сод.  $\text{CuO}$  в них доходит до 18%, а  $\text{V}_2\text{O}_5$  до 35%.

8. Плотные коричневые массы — смеси окислов урана, меди, ванадия и т. д. сод.  $\text{U}_3\text{O}_8$  до 12%,  $\text{CuO}$  до 5%,  $\text{V}_2\text{O}_5$  до 15% и следы  $\text{ThO}_2$  (ничтожные).

9. Красная и синяя глина — содержит до 1,5%  $\text{V}_2\text{O}_5$ .

10. Охристые медные руды — редки.

11. Малахит — небольшие выделения и примазки.

12. Кирпичная медная руда — небольшие скопления.

13. Хризоколла — встречается редко.

14. Тяжелый шпат — обычный минерал двух типов: 1) отдельные кристаллы или друзы, прозрачные или светло-желтые; 2) темно-коричневые кристаллические скопления; окраска от окислов железа (иногда до 30%). Крист. барит обыкновенно не радиоактивен.

15. Известковый шпат — господствующий минерал; натечные формы, друзы, отдельные кристаллы. Интересны дов. редкие ромбоэдры с округленными гранями и ребрами, желтовато-розового цвета с содержанием окислов урана.

К. А. Ненадкевич описывает 3 минерала и несколько сложных минеральных скоплений.

16. Туранит —  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 5\text{CuO} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; в наиболее чистом виде встречается в форме радиально-лучистых, оливково-зеленых шаровых конкреций и почковидных корок, почти исключительно внутри пустот в малахите и сильно оруденелом известняке. В менее чистом виде — как плотная и губчатая масса, выстилающая стенки жёод верхней части м — ния; это — преобладающая форма нахождения ванадиевых соединений („табачная руда“).

17. Алаит —  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ; густой мягкий мох темно-красного цвета с шелковистым блеском. Встречается в глинистых массах, выполняющих большие каверны. Это очевидно ванадиевая кислота в свободном состоянии. Очень редок.

18. Тюямунит —  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 2(\text{UO}_3) \cdot \text{CaO} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ ; лимонно-желтые мелко таблитчатые кристаллы, выстилающие мелкие полости в крупно кристаллическом известняке. Очень характерный для данного м — ния и бросающийся в глаза минерал. Интересно содержание  $\text{Tl}$ , обнаруженного не только спектроскопически, но и в весовых количествах.

Отмечая присутствие глиноподобных веществ, обогащенных окислами

металлов Ненадкевич останавливает свое внимание на так наз. „Черной руде“.

19. Черная руда — пепельно-серые, мягкие глинистые массы, содержащие  $\text{SiO}_2$  до 32 %,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  до 19 %,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  до 20 %,  $\text{H}_2\text{O}$  около 15 %. Кроме того: Cu, V, Ca, Mg, Mn, As, Pb, Tl, Sr, S, Li, Na, K и т. д. При почти полном отсутствии урана — очень радиоактивна (As?). Является продуктом выщелачивания „рудного мрамора“.

Говоря о сернистых соединениях он отмечает редко попадающиеся псевдоморфозы по кубическим минералам.

В недавно появившейся работе Г. П. Черника наиболее интересные результаты исследования желтого минерала типа ферганита; Черник говорит о трудности отобрания однородной навески его; в смысле спайности не все желтые частицы идентичны „в преобладающем большинстве их спайность заметна была по двум направлениям, на глаз — близким к перпендикулярному, в других-же она вполне определенно наблюдалась лишь в одном направлении и при том значительно менее совершенная. Это обстоятельство приводит к возможности предположить существование двух весьма близких по наружному виду минералов“. Описание желтого минерала следующее:

20. Формула:  $\text{UO}_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 + \text{CaO} \cdot 2(\text{UO}_3) \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ ; твердость — 3—3½, уд. в. 3,41; бесформенные крупинки ярко желтого цвета со спайностью, блеск восковой до стеклянного; примеси: BaO, PbO,  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , CuO,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , (K, Li)<sub>2</sub>O,  $\text{WO}_3$ . Состав сложнее ферганита и ближе подходит к тьюмуниту Ненадкевича.

Затем был анализирован минерал (?) из рудного известняка:

21. Темно-зеленый, почти черный минерал, крайне мелкий, неравномерно рассеянный в рудном известняке, лучисто-кристаллический в изломе; тв. 4—4½, уд. в. 4,46, преобладающие по весу окислы  $\text{U}_3\text{O}_8$  — 38,27 %,  $\text{V}_2\text{O}_5$  — 38,28 %, CuO — 7,23 % и  $\text{H}_2\text{O}$  — 7,80 %; „исследованный минерал вторичного образования, представляет из себя комплекс различных природных ванадатов и уранатов“. В работе приводится еще анализ кальцита красно-бурого цвета, свидетельствующий о значительном количестве вероятно механических примесей (уд. в. 2,73 до 3,02): он подходит немного по составу к рудному известняку (немного мало Cu!); тут-же Г. П. Черник отмечает, что „повидимому литий довольно обычный спутник кальцитов Тюя-Муюна“.

Этими данными исчерпываются наши сведения о минералах Тюя-Муюнского рудника. К ним мы можем прибавить очень немного нового: ряд валовых технических анализов средних проб руды с различных горизонтов, дающие косвенные указания для минералога; указать вероятность нахождения фосфатов и сульфатов меди, отметить возможную роль битуминозных начал и сероводорода известняков (пустой породы) и наличие кристаллов

доломита и анкерита. Может быть новый минеральный вид удастся выделить в „коричневой руде“ с горизонта — 65 метр. (см. ниже).

Одним из наиболее интересных и характерных урановых минералов месторождения является ярко-желтый тюлунит, попадающийся во всех горизонтах рудника, и в разных рудных образованиях, что находится в связи с его большой подвижностью. Этот „ферганит“ Антипова и „тюлунит“ Ненадкевича при новой проверке его анализа, сделанной Г. П. Черником, а совсем недавно В. Г. Хлопниным, дал новые цифры для слагающих его окислов. Причина такого расхождения данных четырех аналитиков кроется вероятно в том, что (как это отмечает Г. П. Черник для одного случая) под одно наименование объединяются различные минералы, наружно весьма схожие. Конечно, только обстоятельная и законченная минералогическая работа положит конец этому недоразумению.

### Химические элементы, открытые в месторождении.

Названия и формулы минералов не дают еще полного представления о геохимическом характере месторождения; приводимая ниже таблица представляет собой сводку всех определенных до сих пор аналитическим путем элементов, без указания относительных количеств.

| Группы.<br>Ряды. |        |        |        |        |        |        |        |        |               |
|------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|
|                  | 0      | I      | II     | III    | IV     | V      | VI     | VII    | VIII          |
|                  |        | 1. H   |        |        |        |        |        |        |               |
| 1                | 2. He? | 3. Li  |        |        | 6. C.  | 7 N?   | 8. O   |        |               |
| 2                |        | 11. Na | 12. Mg | 13. Al | 14. Si | 15. P  | 16. S  |        |               |
| 3                |        | 19. K  | 20. Ca |        |        | 23. V  |        | 25. Mn | 26. Fe 28. Ni |
| 4                |        | 29. Cu |        |        |        | 33. As |        |        |               |
| 5                |        |        | 38. Sr |        |        |        | 42. Mo |        |               |
| 6                |        |        |        |        |        |        |        |        |               |
| 7                |        |        | 56. Ba |        |        |        |        |        |               |
| 8                |        |        |        |        |        |        | 74. W  |        |               |
| 9                |        |        |        | 81. Tl | 82. Pb | 83. Bi |        |        |               |
| 10               |        |        | 88. Ra | 89. Ac | 90. Th |        | 92. U  |        |               |

Всего определено 29 элементов; из них счетн. порядк. номерами—16 и с нечетными—13; Но и N включены в таблицу априори, но в счет не вошли. Делать какие-либо выводы из этой таблицы—пока преждевременно; некоторые из указанных элементов сомнительны, нет данных для суждения об относительных количествах, а главное, в этой суммарной сводке должно быть наложение явлений разного порядка. Выявить законности удастся только путем собирания нового фактического материала, считаясь при том с существованием различных геохимических путей накопления элементов.

### Рудные тела месторождения.

Теперь нам остается рассмотреть, как распределяются описанные минералы в самом месторождении, какая связь существует между теми или иными минеральными индивидуумами или их скоплениями, каковы тенденции изменения этого распределения с течением времени.

Во время работ 1923 г. наиболее отчетливая картина получалась на нижнем горизонте, где в забое вскрывались нетронутые еще толщи пород; приводимые разрезы запротоколированы в августе и сентябре 1923 г. горн. инж. А. А. Анисковичем; первый разрез был осмотрен также автором статьи.

I. В углу забоя на глубине—59 метр. обнаружено ответвление жилы; нормальное сечение этого рукава дает следующую картину (от края к центру): пустая порода—мраморовидный серый известняк, плотный обычно, иногда брекчиевидный, местами битуминозный, затем следует более кристаллическая доломитизированная оболочка в несколько см. мощностью; на нее налагает так наз. „рудный известняк“; его мощность в одном из сечений кольца (жила трубчатая, концентрическая)  $\frac{1}{2}$  до  $\frac{3}{4}$  метр. Рудный известняк представляет собой крупно-зернистый мрамор в котором между зерен и ромбоэдров кальцита расположены рудные минералы: туранит, тюямунит и др. ближе не изученные. Иногда встречаются в нем небольшие сплошные продолговатые скопления, как бы обломки с довольно резко очерченными контурами, аморфных по внешнему виду масс коричневого или зеленоватого цвета, а также небольшие трещинки и полости, выполненные или покрытые с поверхности ярко-желтыми кристаллами тюямунита (употребляем это название здесь, как родовое). Последний, как бы образуется из этих плотных сплошных коричневых, зеленоватых масс и отличается вообще заметной подвижностью. На рудном известняке расположен менее толстый слой (до  $\frac{1}{4}$  метр.) коричнево-красного мелкопластинчатого барита, окраска которого обуславливается окисью железа (до 10%). У этой баритовой корки часто концентрируются медные соединения в виде прожилков до 2 см. мощности, синие и изумрудно-желтых цветов (они концентрируются как со стороны руд-

ного известняка, так и с наружной). На барите расположена корка шестоватого кальцита, а иногда слоеватые туфовидные известковые массы красноватых оттенков, которые правильнее всего назвать сталагмитовой корой; выше всего, в центре трубчатой полости находится красновато-желтая глиноподобная масса, которая иногда вытесняется нацело „сталагмитовой корой“. Из глины выступают в виде желваков натечные образования (до 30 см. диам.) налегающие на слоистый известняк. Это нечто вроде конкреций, наружная корка которых состоит из кальцита, а внутренность заполнена красным баритом. Весь описанный комплекс довольно резко отграничивается от пустой породы. Этот разрез довольно типичен для месторождения; он создает представление о конкреционных трубчатых жилах.

II. Если мы обратимся к разрезу на горизонте — 65, то картина получается несколько иная: последний проведен нормально к жильному телу, имеющему в сечении форму удлиненного эллипса, длинная ось которого лежит горизонтально; жила круто падает в этом месте к ю.-з. Начиная с висячего бока мы имеем: неплотные, но твердые массы темно-коричневого, почти черного цвета (иногда рыхлые) с прослойками кальцита, вкраплениями красного барита, зеленых, медных и ванад. соединений и бурых минералов. Затем слой пластинчатого красного барита в 0,1 метр. мощн., под ним прослойка темно-зеленой медной руды (с ванад.?) в 0,02 мтр. Все это лежит на пласте „рудного известняка“ в 1,3 мтр. мощности. Последний характеризуется значительной неоднородностью. Ближе к центральной его части расположен почти сплошной прослоек в 10 см. мощн. плотной зеленой руды; под ней небольшие удлиненные желваки или прямоугольные обломки руды такой-же консистенции, но коричневого цвета; по предварительным данным ориентировочных анализов (1924 г.) А. П. Бушуевой последняя имеет состав:

|                                                                      |       |                                              |
|----------------------------------------------------------------------|-------|----------------------------------------------|
| CuO .....                                                            | 2,29% | 7,74%                                        |
| PbO <sub>2</sub> .....                                               | 0,84  | 0,4                                          |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....                                  | 20,18 | 24,6                                         |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .... | 2,45  | 1,23                                         |
| U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> .....                                  | 46,45 | 35,0                                         |
| CaO .....                                                            | 20,20 | 13,8                                         |
| CO <sub>2</sub> .....                                                | 2,4   | 3,08                                         |
| Нераств. ост. ....                                                   | 1,4   | 1,17 (SiO <sub>2</sub> , BaSO <sub>4</sub> ) |

Второй столбец относится к образчику вышеописанной более зеленой, плотной руды с того же горизонта; в ней щелочей — до 3%.

Рудный известняк покоится на шестоватом белом кальците общ. мощн. в 0,5 мтр., с тонкими в 1—2 мм. толщ. прослойками рудного и красного

известняков. Кальцит отделяется от пустой породы прослойкой в 0,1—0,2 мтр. очень влажной, пластичной глинистой массы (лежащий бок).

При углублении забоя по падению жилы, рудный известняк стал выклиниваться до размеров небольшого прожилка (через 3 мтр. по пад.). Общая мощность жилы сохранилась почти такая же; большое развитие получили различные бариты (между прочим и прозрачные разновидности), кальциты, глинистый слоистый известняк (сталагмитовая кора). Подходя к—70 метру, мощность рудного мрамора опять увеличилась до 0,4 мтр. при значительном развитии в нем плотных коричневых и коричнево-зеленых масс сложного состава, являющихся вероятно первичными по отношению к минералам группы туюмунита. Последние сведения с глубины в 75 мтр. говорят о крутом повороте жилы, уменьшении рудных известняков и появлении больших масс красного барита.

Получается впечатление, что в какой то первичной, оставшейся почти неизменной полости переотложенные массы рудных тел образовали большие неправильной формы стяжения. В этих полостях, заполненных рыхлым брекчиевидным материалом или сцементированной пористой черной массой с прослойками кальцита, красного барита и небольшими скоплениями туюмунита, залегают линзы рудного известняка, окруженные красным баритом и тонкими прослойками медных руд. В трубчатой жиле нижнего горизонта такие линзы с полезными окислами залегают обыкновенно в местах перегиба жилы (как в вертикальном, так и горизонтальном измерениях).

Большой интерес представляет разгадка того, как образовались плотные коричневые и зеленые, богатые ураном скопления в рудном известняке; часто они имеют характер угловатых обломков с резко очерченными контурами. Наблюдаются и обратные случаи — незаметного перехода плотного вещества в породу рудного мрамора. Невольно напрашивается мысль о механических обломках какого то первичного жильного тела; с изменением этих тел связано, может быть, образование „рудного известняка“.

Верхний горизонт ж-ния дает обычно картину более дифференцированных минеральных скоплений.

В желтой пещере стенки покрыты как бы коркой рудного известняка, которая следует всецело неправильным очертаниям ее. Дно пещеры также состоит из отложений рудных масс. Средняя мощность рудного известняка—0,3 мтр.; содержание  $U_2O_8$  сравнительно низкое, от 0,1% до 2 $\frac{0}{10}$ %. Рудный известняк покрыт натечной кристаллической корой кальцита. С потолка свешивалось много сталактитов, имеющих иногда свыше 1 мтр. в диаметре; центральная часть их выполнена рудным известняком, а снаружи—корка кальцита. Местами оболочка рудного мрамора почти нацело уничтожена молодыми карстовыми процессами.

„Зеленая пещера“ получила свое название за преобладание в ее стенках карбонатов меди. В старых штабелях руды, находившихся в верхних

горизонтах рудника и выданных оттуда летом 1923 г., попадались местами губчатые массы руды оливкового цвета, землистого сложения—это так наз. „табачная руда“ состоящая главн. обр. из туранита.

К. А. Ненадкевич, хорошо знакомый с рудами верхнего горизонта в немногих словах ясно определил характер химических процессов там протекавших; он говорит, что рудный известняк „являясь по существу продуктом изменения каких то первичных руд, о природе которых можно только догадываться, представлял для верхнего горизонта месторождения ту основную и главную рудную массу, последующее разложение и выщелачивание которой давало руды более дифференцированные по своему минералогическому составу“ (33). Так для соединений ванадия одним из крайних и устойчивых членов является туранит— $V_2O_5 \cdot 5Cu \cdot 2H_2O$ . Соединение  $V_2O_5 \cdot H_2O$ ,—ванадиевая кислота в свободном состоянии, является вероятно переходным, менее устойчивым членом.

Минералы, объединяемые родовым названием тьюмунита, представляют один из наиболее ценных продуктов эксплуатации; встречаются в форме налетов, жилок, выполнений жерд и выцветов почти во всех перечисленных образованиях (не исключая и сталагмитовой коры). Это минералы вторичные, отличающиеся большой подвижностью. Достаточно указать, что выделения тьюмунита наблюдались на костях одного из трупов, попавшего в рудник года 3 тому назад.

К. А. Ненадкевич (33) отмечает еще т. наз. „черную“ руду—пельно серые глинистые массы (сост. см. выше), явившиеся продуктом выщелачивания рудного известняка и говорит, что „значительное содержание в нем  $SiO_2$  и  $Al_2O_3$  дает как бы право считать их (глинистые массы!) имевшими непосредственную связь с силикатными породами“.

Медь отличается также большой склонностью к миграции, давая устойчивые углекислые соединения, проникающие даже в самые молодые образования (сталагмитовая кора); более редки фосфорнобислые соединения и вероятно нахождение мышьяковокислых. Совершая свой путь вблизи земной поверхности раздельно от урана, Cu имеет склонность давать довольно устойчивые соединения с ванадием. Углемедные соединения оказываются иногда заметно активными (Ra?).

До сих пор недостаточно выяснен вопрос, в виде каких химических соединений находится радий и какие законности наблюдаются в его распределении. Проф. В. Г. Хлопин отмечает, что некоторые из изученных им урановых минералов находятся почти в полном радиоактивном равновесии (от 90% до 100%). Предположение о вхождении сернобислого радия в качестве изоморфной примеси в барий, далеко не всегда оправдывается, как показали наблюдения 1922—23 гг. и как это отмечено уже давно проф. Антиповым.

Последний пишет (4): „барит, выделенный в кристаллических формах,

вовсе не радиоактивен, между тем барит, выделенный из массы руды химическим путем напротив, очень радиоактивен“. Один из анализов П. А. Волкова (1922 г.), относящийся к пробе рудного известняка из желтой пещеры (борозда № 3) сопровождается указанием: „радий обнаружен в растворимой форме (в HCl); активность нерастворимого остатка ничтожна“.

Наблюдения радиолога Б. К. Бруновского (40) говорят о том, что некоторые из кальцитов рудника заметно активны; активными оказались также натечные образования (известковые туфовидные натёки) из некоторых пунктов Баритовой горы (так наз. часть Т.-М. гребня к востоку от рудника, за перевалом Тюя-Мун). Однако были также наблюдения, устанавливающие активность баритов из рудника.

Недавно в Радиевый Институт были переданы К. А. Ненадквичем серые, непрозрачные кристаллы барита (с рудника), активность которых в три раза превышала активность соответствующего им по весу количества  $U_3O_8$  в радиоак. равновесии. Вопрос этот требует еще систематического изучения.

Ниже приводится несколько технических анализов средних проб руды.

|                                      | I.<br>1903 г.           | II.<br>1919 г. | III.<br>1919 г. | IV.<br>1921 г. | V.<br>1923 г. | VI.<br>1923 г. |
|--------------------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| MgO .....                            | 0,24                    | —              | —               | —              | —             | —              |
| CaO .....                            | 38,42                   | 32,01          | 30,02           | 39,82          | 47,57         | 49,28          |
| BaO .....                            | 1,40                    | 4,63           | 4,87            | 3,50           | 4,00          | нет            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 1,52                    | 7,06           | 6,45            | 5,40           | 0,51          | 0,15           |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | 0,71                    | 4,41           | 3,72            | 1,40           |               |                |
| CuO .....                            | 10,88                   | 3,10           | 3,10            | 3,55           | 3,90          | 5,12           |
| Bi <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | —                       | следы          | —               | —              | —             | —              |
| PbO .....                            | —                       | 0,08           | —               | —              | —             | —              |
| U <sub>3</sub> O <sub>8</sub> .....  | 4,61 (UO <sub>3</sub> ) | 1,49           | 1,31            | 1,60           | 0,14          | 0,80           |
| Щелочи .....                         | —                       | 0,21           | —               | —              | —             | —              |
| V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....  | 6,37                    | 3,29           | 3,02            | 5,00           | 3,03          | 1,83           |
| P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....  | —                       | 0,12           | —               | —              | —             | —              |
| As <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ..... | —                       | 0,02           | —               | —              | —             | —              |
| SiO <sub>2</sub> .....               | 0,63                    | 12,02          | 14,79           | 3,30           | 0,80          | 0,43           |
| SO <sub>3</sub> .....                | 2,67                    | 2,40           | 2,82            | 3,84           | 2,08          | нет            |
| CO <sub>2</sub> .....                | 30,02                   | 25,49          | 28,12           | 30,26          | 35,60         | 39,72          |
| ThO <sub>2</sub> .....               | —                       | следы          | —               | —              | —             | —              |
| H <sub>2</sub> O .....               | 1,41                    | 3,86           | 0,87            | 1,10           | 0,30          | 0,54           |
| Σ =                                  | 98,88                   | 100,19         | 99,09           | 98,77          | 97,93         | 98,87          |

I. „Анализ средней руды“ (10—И. А. Антипов), вероятно из верхнего горизонта. При опробовании нижнего горизонта в сентябре 1923 г. (борозды) получались пробы, отвечающие приблизительно этим данным (по новым хим. анализам 1924 г.).

II. Анализ произведен Г. П. Черником по поручению Радиевой Коллегии; средняя проба была отобрана „на глаз“ из пяти кгр. руды, переданной Г. П. Чернику (38) из запасов, секвестрованных в 1918 г. у Ферганск. Общ. для добыч. редк. металл.

III. Анализ произведен А. Н. Кузнецовым по поручен. Рад. Коллег. в 1919 г. из более или менее случайной пробы от образца „рудного известняка“ (из запасов Ферганского общества).

IV. Анализ произведен И. Я. Бапиловым в лаборатории Радиового Завода; для анализа служила средняя проба по методу квадрантов из 60 п. руды, взятой из 4-х бочек (из общ. числа 45) секвестрованных на складе Ферганского О-ва в 1918 г.

V. Проба рудного известняка борозды № 1, взятой в 1922 г. С. П. Александровым в „Желтой пещере“ верхнего горизонта.

VI. Проба рудного известняка борозды № 3, взятой в 1922 г. С. П. Александровым в „Желтой пещере“; в этой пробе радий обнаружен в форме растворимой в HCl.

Два последних анализа произведены в Химической Лаборатории Гос. Рад. Инст.; V-ый — А. Г. Елисеевым, VI-ой — П. А. Волковым.

В 1923 г. был взят ряд средних проб в нижнем горизонте (борозды в оруженелых стенках разработки); полученные предварительные данные говорят о значительных колебаниях содержания полезных окислов в рудном известняке, по падению рудного тела, притом периодических. Для  $U_3O_8$  цифры изменяются от 0,11% почти до 6%. Сумма полезных окислов ( $CuO$ ,  $V_2O_5$ ,  $U_3O_8$ ) превосходит в отдельных пробах 15%.

По данным Ферганского О-ва (30) переработанная на заводе руда в количестве 700 тонн содержала в среднем: 3,36% V, 0,97%  $U_3O_8$  и 3,73% Cu; оставшаяся же на руднике в количестве около 300 тонн содерж.: 1,91% V, 0,92%  $U_3O_8$ , 5% Cu. Эти цифры характеризуют уже продукт, подвергшийся обогащению в процессе ручной сортировки на руднике.

### Запасы руды.

Видимые запасы руды, подготовленные к добыче существующими выработками оценены Экспедицией 1922 г. в 5.000 тонн, из которых в верхнем горизонте находится до 1.000 тонн, в Зеленой пещере, пересекаемой шахтой до 800 тонн и в нижнем горизонте до 2.000 тонн (С. П. Александров—35).

При подсчете запасов сначала определялась общая площадь стенок полостей покрытых рудой, затем по обнажениям мощность рудной корки, после чего уже определялся объем, а потом и вес руды. Средняя толщина рудной корки верхнего горизонта принята в 0,4 мтр., а нижнего в 1 мтр. (А. А. Анискович—36). Удельный вес был принят = 3, а содержание полезных окислов в среднем: 3%  $V_2O_5$ , 1,5%  $U_3O_8$ , и 3%  $CuO$ ; считалось, что радиоактивное равновесие достигает всего 90% теорет. велич.

При таком допущении 1 грамм радия-металла содержался в 250—350 тоннах сырой руды, а видимые запасы месторождения должны содержать:

|              |       |       |
|--------------|-------|-------|
| Ra . . . . . | 15—20 | грамм |
| U . . . . .  | 60    | тонн  |
| V . . . . .  | 90    | "     |
| Cu . . . . . | 120   | "     |

Работы 1923 г. показали, что при этом подсчете были несколько переоценены запасы желтой пещеры, но в общем, приведенные цифры подтвердились.

Высказаться о возможных или вероятных запасах чрезвычайно трудно, ввиду причудливой формы рудных проявлений, их изменчивости по составу и мощности; разведочные работы произведены пока еще в очень скромном масштабе, что не позволяет произвести соответственные подсчеты.

### Оруденение и полости.

Теперь, может быть, уместно будет вернуться к вопросу о карстовых полостях рудника и связи их с процессом рудообразования.

Академик В. И. Вернадский описывает обычно Тюя-Муюнское месторождение следующим образом [(17)—стр. 67]: „Месторождение носит гнездовый характер и представляет заполненную водным осадком пещеру, может быть связанную с карстовым выветриванием известняков. Оно имеет вид конкреционного осадка отложившегося из источников“. В этом определении, прочно проникшем в литературу, может быть недостаточно ясно выделена последовательность процессов. Эта последовательность, согласно В. И. Вернадскому рисуется, как-будто в следующем виде: сначала образовались карстовые полости; затем в уже готовые пустоты проникли рудные растворы, из которых выпали рудные минералы (см. также — 20). Последующая переработка водой верхних частей месторождения привела к некоторому переотложению минеральных соединений этого горизонта.

Возможно, однако, и противоположное толкование: сначала существовало жилиподобное тело, по которому предпочтительно и пошло образование карстовых полостей. С карстовыми процессами же связано как уничтожение рудных минералов, так и полное их переотложение, по крайней мере во вскрытой современными работами части месторождения.

Образование месторождения можно себе представить следующим образом: стадия 1 — термы выносили рудные растворы, следуя ослабленным зонам (трещины разлома, кливаж) и выщелачивали известняки; стадия 2 — отложение рудных минералов; возможная 3-ья стадия — наложение новых термальных процессов с притоком новых элементов; стадия  $n$ -ная — карстовые процессы, идущие сверху вниз; частичное уничтожение рудных тел, их полное переотложение в верхней зоне; окислительные процессы; после нее наступает современная  $n+1$  стадия установления своеобразного равновесия

между восходящими и нисходящими процессами, связанного с особенностями полупустынного климата. К двум последним стадиям относятся молодые явления — образование слоеватых туфовидных известняковых масс и инкрустация коркой кальцита. При таком толковании месторождение представляет собой верхи трубчатых жил, разработанные карстовыми процессами в полости. Некоторое основание для таких выводов даст изучение карстовых полостей более восточной части гребня. Более крупные пещеры связаны там обычно с баритовыми жилами; бариты этих пещер прозрачны или медово-желтого цвета, образуют крупные кристаллы или сплошные кристаллические массы; жилы не зависят от полостей; там, где последние образуются, идет разрушение баритовых жил и накопление трудно растворимого минерала на дне пещер. При некоторых, однако, условиях карстовые процессы сопровождаются вероятно растворением и переотложением барита. Академик А. Е. Ферсман предполагает, что таков генезис красных баритов рудника; появившиеся в конце забоя на глуб. 75 мтр. прозрачные бариты он склонен считать за первичные, а в этих процессах — аналогию с образованием красных баритов некоторых мексиканских месторождений. Затронутые вопросы еще далеки от окончательного объяснения; один из путей их разрешения это сравнительное изучение карстовых полостей окрестных известняковых хребтов.

### Выводы.

Заканчивая этим сводку известных нам сведений о Тюя-Муюнском месторождении попытаемся сделать напрашивающиеся выводы:

1. Совсем слабо изучена минералогия рудника.
2. Неизвестно точно, какие элементы встречаются в рудных телах и пустой породе и в каких относительных количествах.
3. Нет еще ясных представлений о динамике минеральных тел; неясны законы передвижений тех или иных химических группировок; в особенности это касается Ра.
4. Совсем не изучены газообразные компоненты месторождения.
5. Нет многих данных о морфологии рудного тела верхнего горизонта (разработки Антуновича).
6. Желательно систематическое протоколирование разрезов, вскрываемых современными работами; последнее затруднено отсутствием терминологии, позволяющей точно характеризовать встречающиеся минеральные скопления — причина этому опять-таки минералогическая неизученность этих скоплений.

### Рудные признаки в ближайших окрестностях рудника.

После знакомства с рудником возникает естественный вопрос: есть ли рудные признаки в ближайших окрестностях? Работы 1922 и 1923 гг.

обнаружили ряд таких признаков в пределах того же гребня, к западу и востоку от месторождения; наиболее интересные концентрируются в участке гребня, имеющему по простиранию меньше километра (Академическая гора, Радиевая гора, зап. часть Баритовой горы).

Тюя-Муюнский гребень в своем западном окончании расчленен поперечными понижениями (эрозия) как бы на ряд гор: крайняя — оторвана уже от гребня и выступает изолировано из под третичных конгломератов в 1 км. к западу от рудника; следующая за ней — Академическая, отделена от так называемой Радиевой, на южном склоне которой расположен рудник, небольшой седловиной; в свою очередь Радиевая гора отделена от более восточной части, так называемой Баритовой горы перевалом, носящим у местного населения название Тюя-Муюн (там проходит вьючная тропа). Баритовая гора отделена от восточного продолжения гребня глубоким (до 300 мтр.) ущельем Танге, как бы пропиленного (эпигения) бурлящими водами р. Араван.

Самые серьезные рудные проявления находятся на южном склоне Академической горы, вблизи седловины, отделяющей последнюю от Радиевой горы, в 160 мтр. по возд. лин. от рудника — это так называемая „Академическая жила“ (названная так Экспедицией 1922 г. в честь Академии Наук). Ее открытие осенью 1922 г. связано с применением метода поисков баритовых россыпей, обычно покрывающих склон (хотя бы мелкими обломочками) вблизи входа на поверхность головы жилы, и опробования собранных кусочков барита на активность. Расчистка покатога, замытого склона обнаружила участок брекчиевидных известняков с рядом жил шестоватого кальцита и красного пластинчатого и прозрачного барита, с небольшими полостями и ходами карстового типа, и с ожелезненными местами. Разведочный шурф вскрыл круго уходящую вниз полость, нацело выполненную обломочным, плотно связанным материалом.

Главную массу его составлял мергелистый, слегка песчанистый продукт, в котором встречались ярко-желтые примазки какого-то уранового минерала. Попадались и отдельные глыбы известняка с характерными для рудника рудными минералами, среди которых можно отметить тюямунит. Эти относительно более рыхлые массы отделяются от известняка горы сплошной коркой шестоватого кальцита. Несколько ниже в этом материале стали встречаться примазки медной зелени; еще ниже шурф шел по переслаивающимся туфовидным известняковым образованиям, глинистым и мергелистым продуктам, напоминающим наслоения в пещерах верхнего горизонта рудника. Медные и урановые минералы встречаются в этой массе в небольшом количестве и неравномерно распределенными (характер выцветов); скопления барита нередки. На глубине 12 мтр. выработка уперлась в наклонную стенку пещеры, состоящую из темно-серого слабо активного мрамора. „Обнаружен канал, заполненный теми же породами; он падает на з.-ю.-з. под

углом  $45^\circ$ . Канал имеет значительные поперечные размеры и является скорее частью главной пещеры, вытянутой в з.-ю.-з. направлении“ (из сентябрьского отчета горн. инж. А. П. Кирикова 1923 г.). Описанная картина напоминает некоторые оставшиеся нетронутыми работами Антуновича участки рудника. Присутствие урановых и медных соединений является благоприятным признаком, дающим надежду при углублении разведочных работ встретить месторождение аналогичное ныне эксплуатируемому.

Остальные многочисленные рудные проявления можно разбить на следующие типы: 1) ожелезнение известняка, 2) жилы прозрачного барита, 3) жилы пластинчатого барита ( $\text{с Fe}_2\text{O}_3$ ), 4) жилы пласт. барита, сопровождаемые соединениями меди, может быть и ванадия; часто эти медные соединения заметно активны; (все эти жилы обычно сопровождаются шестоватым кальцитом). Из них остановимся на более типичном и интересном разрезе жилы № 4. Последняя расположена как раз против Академической жилы, на северном склоне холма, но на более высоком уровне. Падает она на юг под углом в  $20^\circ$ . Дальнейшее описание заимствовано из сентябрьского отчета горн. инж. А. П. Кирикова (1923 г.). „Здесь представлена трубчатая жила в типичной форме, с размерами 1,25 мтр. шириной, при 0,80 мтр. в перпендик. направлении. Труба эллиптического сечения, хотя правильность нарушена оттянутостью жильных корок по трещинам, на пересечении которых разработан канал, послуживший путем поднятия (может быть опускания?) минеральных растворов и местом отложения концентрических минеральных слоев. Последовательность отложений такова: 1) кальцит обычно радиально-шестоватый; 2) темный, красно-бурый барит, спутанно пластинчатый, переходящий к центру в нормальные, желтовато-бурые кристаллы нормального развития. Между отдельными пластинками барита часто наблюдались налеты медной зелени... Середина трубы заполнена горизонтального простирания переслаиванием бурого, глинистого, вторичного известняка и глин“.

В направлении к перевалу Тюя-Муюн весь южный склон Радиевой горы состоит из известняковой, весьма плотной брекчии, сцементированной кальцитом (и анкеритом?). Здесь встречается также ряд прожилков пластинчатого барита, сопровождаемых соединениями меди (и может-быть, ванадия — аналитически не проверено). В январе 1924 г. приступили к разведке одной из таких жил (№ 12); взятый на некоторой глубине мраморовидный известняк оказался заметно активным. Восточнее перевала метрах в 100 привлекает внимание жила № 18, где вскрыт грубо брекчиевидный известняк, между обломками которого развиты шестоватые кальциты, бариты красные и прозрачные, гнезда и прожилки медной зелени (может-быть это фосфаты меди), глинистые продукты. Активность некоторых образцов медных соединений по сравнению с урановым эталоном  $= 0,2\% \text{ U}_3\text{O}_8$ .

Таким образом ближайший к руднику район как бы представляет сплошное жилое поле.

Не все, однако, выходы жил на дневную поверхность сопровождаются активными минералами; интересно здесь привести указания проф. А. Н. Заварицкого, делаемые им по этому поводу (Отчет о посещении рудника в сентябре 1923 г.): „легкость, с которой соединения урана и ванадия могут быть выщелочены на выходах месторождения, заставляет осматривательно относиться к тем случаям, где мы встречаем признаки месторождения, не сопровождаемые однако в выходах настоящей оруденелостью. Такая оруденелость может появиться на некоторой глубине, и наличие других, более устойчивых минералов в тех же взаимных отношениях, как и в нашем месторождении, достаточно оправдывает разведку, даже если непосредственные рудные признаки не достаточно определенно выражены“.

### Геологическое строение окрестностей Тюя-Муюнского рудника.

Ознакомившись с описанием рудника и проявлениями оруденения в прилегающих к нему районах естественно обратиться к вопросу о генезисе месторождения. Этот наиболее интересный и трудный вопрос требует знания геологии местности, а также представления о минеральных процессах, совершавшихся в данном участке земной коры (топоминералогия).

Хорошее представление о геологическом строении местности дает профиль вдоль р. Араван, секущей вкрест простирания развития здесь свиты пород.

Идя с северо-запада на юго-восток от центральных частей Ферганской долины к горам, мы пересекаем следующие орографические элементы: полого повышающуюся к югу равнину с подъемом около 10 мтр. на 1 км.; однообразие последней нарушается внезапно группой скалистых широтно вытянутых хребтов: это горы Чиль-Устун, Чиль-Майрам, Кыз-Кууды, Коклик-Учар. Они производят впечатление мрачных, узких и высоких островов среди лессовой равнины, вытянутых по простиранию слагающих их свит, с ровными, срезанными на одной примерно высоте, гребнями и почти отвесными склонами. Их средняя относительная высота — 750 мтр., а абсолютная около 1500 мтр. Далее к югу идет опять пониженная область средней абсолютной высоты около 1000 мтр., пересекаемая рекой на протяжении свыше 10 кл. Она заканчивается у уступа, образованного известняковым гребнем Тюя-Таш — Тайли-Бель-Таш, который как бы граничит с севера то приподнятое над вышеописанной равниной плато, в состав которого входит и Тюя-Муюнский гребень. Река прорезывает эту возвышенную область глубокой и узкой в общем долиной на протяжении 8 с лишним км. Плато имеет слабое падение к северо-западу, и высшие точки на южной стороне в среднем = 1600 мтр.; уровень реки в этом месте = 1130 мтр.

Крутые склоны в сторону так называемой Наукатской котловины граничат плато с юга; Наукатская депрессия является частью большой продольной линии, окаймляющей подножье Алая. Ее ширина 8 км., средняя абсолютная высота — 1300 мтр. За ней начинаются мощные контрфорсы Алая, на которых однако местами сохранились, как бы в виде ступени, обрывки ровно срезанной, слабо к северу наклонной поверхности, средней абсолютной высоты 2700 мтр.; лишь за последней идут крутые и сильно расчлененные склоны главного хребта.

На описанном пространстве преобладающее значение имеют следующие 4 группы пород: плотные известняки, разнообразные сланцы и песчаники, изверженные породы, серые конгломераты; различная плотность этих пород сказывается в рельефе речной долины.

Оставляя в стороне северную группу гор, остановимся вкратце на стратиграфических соотношениях центральной части описанного профиля (идя с с.-з. на ю.-в.).

Вдоль южного склона гряды Коклик-Учар и Кыз-Кууды тянется полоса светлых кристаллических известняков с верхне-силурийской фауной (Уинловский яр.), установленной Д. В. Наливкиным (27); они приходятся с северной стороны в притык (налегая) к средне-девонским известнякам гряды (сброс). К югу же эти известняки сменяются толщей очень круто падающих кремнистых сланцев с пластовыми выходами порфиритов, которой, вероятно, и подчинены. Далее к югу сланцы скрываются под верхне-каменноугольные песчаники и конгломераты; последние образуют синклинали, имеющую около 5 кл. в поперечнике, так называемую Тулейканскую. Породы верхнего карбона, имея одинаковое простирание со сланцевой свитой, залегают более спокойно, образуя в общем пологую синклиналь с базальным конгломератом в основании; все это свидетельствует об их трансгрессивном залегании.

Южное крыло синклинали налегает на толщу метаморфизированных известняков с прослоями кремнистых сланцев. По Д. Наливину (27) возраст их предположительно средне-девонский. На последние вероятно налегает толща миндалекаменных порфиритов и диабазов, среди которых как бы плавают погруженные в них островки известняков и сланцев.

В горе Кара-Ильга Чеку на берегу Аравана, залегающей в виде глыбы известняка, охваченной со всех сторон порфиритами, была найдена И. А. Рейнвальдом Герцинская фауна.

Тулейканская верхне-карбоновая синклиналь и полоса порфиритов выклиниваются по направлению к востоку, приобретая зато более мощное развитие к западу от р. Араван.

Переходя к характеристике плато, следующего за пониженной областью, уместно будет сказать, что на описанных выше породах лежит узкая, местами почти совсем размытая широтная полоса мезозойских красных песчаников



и конгломератов; вообще же весь описанный комплекс виден только на небольшом пространстве по обе стороны от берегов реки (в особенности к востоку), где эрозия субсеквентных потоков вскрыла его от перекрывающей пелены третичных и потретичных конгломератов и лессовидных образований.

Плато, включающее Тюя-Муюнский гребень, как бы состоит из 4 членов; двум из них принадлежит наиболее существенная роль: 1-й член охватывает главную массу осадочных свит, переслаивающихся с изверженными породами и характеризуется очень крутым падением пластов при неизменном их широтном простирании. Литологическая характеристика этих свит говорит о том, что мы имеем дело с осадками глубокого моря, отлагавшимися притом непрерывно от начала верхнего силура и до нижнего девона включительно. Действительно здесь мы видим тесное переслаивание углистых и глинистых сланцев, зеленовато-серых мелкозернистых песчаников, зеленых и черных кремнистых сланцев, вонючих известняков и сланцеватых или тонко слоистых известняков, причем в каждом данном месте свиты нетрудно доказать непрерывность условий отложения.

Вторым членом этой толщи, по крайней мере в этой местности, являются свиты более массивных, толстослоистых известняков, которые как бы погружены (или по другим воззрениям протыкают) в вышеописанный комплекс пород. Действительно, от последних они отграничены широтно идущими, крутыми, почти вертикальными плоскостями сбросов. Такими свитами сложены гребни (с севера на юг) — 1) Тайли-Бель-Таш, 2) Тюя-Муюн, 3) Кара-Таш-Кизил-Кунгей.

В сланцевой свите, прилегающей к Тюя-Муюнскому гребню непосредственно с севера и юга, летом 1923 года удалось найти верхне-силурийские граптолиты; эти находки сделаны вкрест всей сланцевой толщи на 100 мтр. к северу от гребня и на 3 км. к югу от него. Граптолиты по предварительному определению геолога А. С. Моисеева (42) относятся вероятно к Ландоверийскому ярусу и принадлежат семействам: *Monograptidae* и *Diplograptidae*.

В известняковых осыпях Тюя-Муюнского хребта удалось найти *Produktus*-овую фауну нижнего карбона (27).

Тайли-Бель-Ташскую гряду Д. В. Наливкин (27) склонен считать сложеной средне-девонскими известняками, главным образом по аналогии с известняками Чиль-Майрама.

Кара-Ташская гряда, находящаяся в 4 км. южнее Тюя-Муюнской, имеет залегание аналогичное последней и совершенно одинаковый петрографический характер; возможно, что она также сложена ниже-каменноугольными известняками.

С южной ее стороны, в притык к сланцевой свите, местами же к известнякам, несогласно с ними залегают мезозойские отложения — 3-й член описываемого разреза. Последние представляют толщу пород, состоящую из:

ретическо-юрских песчаников и глин с каменными углями; ниже-меловых красных конгломератов, песчаников с диагональной слоистостью, песчано-глинистых масс (континентальные отложения); верхне-меловых (от турона) известняков, мергелей, гипсов, песчаников с морской мелководной фауной, переходящих непосредственно в так называемый „ферганский ярус“ (эоцен). Этот комплекс пород сложен в опрокинутую синклиналь, осевая плоскость которой падает на юг, имея вместе с тем почти широтное простирание. Наконец, 4-ым, верхним членом всех отложений являются мощные серые континентальные конгломераты, с прослойками песчаников; они залегают местами согласно на ниже-третичных отложениях, в большинстве же случаев они откладывались на срезанной поверхности мезозойского комплекса и размытых породах палеозоя. Так, ими сложена вершина вышеописанного плато, за исключением полосы около реки. Конгломераты затронуты преимущественно радиальными дислокациями, часто образуя в местах разрыва типичные флексуобразные загибы слоев (s-образные изгибы слоев). Ими сложено дно Наукатской котловины. Интересно отметить, что на противоположной стороне котловины, на палеозойских контрфорсах Алая, также констатированы отложения мезозоя, залегающие на разных высотах. Изучение геологического профиля, отвечая на вопрос о хронологических соотношениях комплексов пород, не дает обыкновенно полного представления об их пространственных взаимоотношениях. Это дополняет геологическая карта. Не останавливаясь на описании последней, отметим только несколько отдельных моментов (нужных для понимания дальнейшего):

1) Тюя-Муюнский гребень удалось вытянуть по простиранию в западном от рудника направлении на 10 км.; здесь он известен в виде ряда отдельных островков, возвышающихся из под пелены конгломератов. К востоку он прослежен непрерывно на 7 км. после чего в виде островков и удлиненного гребня (Клун-Ат), он продолжается еще на протяжении около 15 км.

2) Идущие вблизи рудника параллельно ему свиты, при вытягивании их по простиранию, обнаруживают тенденцию как бы выклиниваться или сходиться с гребнем.

3) Прослеживание мезозойских свит к западу показывает, что они часто куполообразно облекают зажатые в них палеозойские ядра. Местами тангенциальный напор сопровождался как бы выдавливанием этих ядер или опусканием по широтным линиям полос мезозоя (возможно, что это уже результат последующих радиальных дислокаций).

4) Нужно отметить мощное развитие в серии палеозоя изверженных пород, представленных гипсо-абиссальными и эффузивными членами. Мы знаем пироксениты и оливиновые породы, переходящие в змеевики, диабазы, жиндалекаменные порфиристы, порфиристы с крупными порфировидными вкраплениями, диориты и кварцевые диориты, кератофиры и кварцевые

порфиры. Большинство из этих пород залегает в виде пластовых жил; для порфиритов, обнажающихся к северу от Тюя-Муюнского плато в пониженной области можно подозревать их покровный характер; возможно, что и в области Тюя-Муюнского плато были покровы, уничтоженные последующей денудацией, а сохранившиеся пластовые жилы можно рассматривать, как выводные каналы.

К юго-востоку от рудника в 5 км. на продолжении Кара-Ташской гряды находится небольшой массив кварцевого диорита, носящий название Кизил-Кунгей. К нему, вероятно, подойдет термин лакколита.

Кроме пластовых жил, существуют и секущие.

Интересно отметить наличие выходов вулканических <sup>в</sup>брекчий, идущих широтными полосами.

Намечается и некоторая последовательность во времени; она вырисовывается при изучении Тулейканской верхне-карбоновой синклинали. В основании последней залегает базальный конгломерат с валунами изверженных пород; среди песчаников ее слагающих известны прослойки вулканического туфа; наконец, весь комплекс пород прорезан порфиритами; последние в свою очередь секутся жилами кератофира.

Верхняя граница извержений определяется в данном районе отсутствием контактов с юрскими породами, которые обычно залегают трансгрессивно на размытой поверхности эруптивов и палеозоя.

В описываемой местности известен также ряд проявлений поствулканической деятельности. К их числу относятся вскрытые эрозией каналы древних терм. Они встречаются главным образом в 4-х км. южнее рудника (овр. Джиды-Булак), вытянутые по линии широтного простирания вдоль диоритового массива Кизил-Кунгей, а также восточнее, вдоль Кара-Ташской гряды; ряд таких терм имеется также вдоль Тюя-Муюнской гряды, по самому контакту сланцев с известняками; здесь они только хуже вскрыты денудационными процессами. Сечения каналов, вскрытых Джиды-Булакским оврагом, имеют удлиненную коническую, почти цилиндрическую форму; оси каналов вертикальны; эти разрезы выделяются на фоне темных пород палеозоя своим ярким белым цветом, связанным с процессами интенсивной силификации, местами каолинизации, и образованием самородной серы при разложении сульфидов (серный колчедан), которые также встречаются в значительных скоплениях. В области известняков, с термальной деятельностью связано интенсивное ожелезнение их.

Отголоском этой древней термальной деятельности вероятно можно считать многие, ныне действующие, источники района (индифферентные термы). Типичными представителями их будут: источник Кок-Булак, вытекающий у подножья южного обрыва Баритовой горы и, может быть, его дериваты в ущельи Танге; они характеризуются постоянством температуры (около 22° С.) и дебита (25). Другие источники тянутся вдоль хребта Кизил-

Кунгей, по северному и южному склонам, как бы следуя возможным здесь тектоническим линиям; их температура также немного выше средне-годовой данной местности.

Несмотря на вероятную связь с глубокими зонами земной коры, активность всех этих источников незначительна — (25), (40).

5) Одним из труднейших геологических вопросов, важных для генезиса минералов является точное установление возраста тех или иных дислокационных линий. Можно только, в большинстве случаев, на основании косвенных соображений, прийти к выводу, уже установленному при многолетнем изучении более широкого района Д. И. Мушкетовым; последний считает, что линии глубоких разломов, в виде сбросов и взбросов, близкие к простиранию палеозойских зон возникли вероятно при первом же горообразовательном процессе; в дальнейшем эти ослабленные зоны необратимо служили местом возобновления радиальных перемещений, которые продолжаются и до наших дней. Впрочем, исследователь соседнего более западного района В. Н. Вебер приходит к несколько иным выводам (6).

Попытаемся теперь воссоздать геологическую историю этого уголка Ферганы, не вдаваясь в анализ того или иного профиля — фактического материала для этих выводов (место такого рода анализам в сочинении по геологии района).

Этот хронологический ход геологических событий удобно проследить, начиная с древнейших времен. Для решения отдельных вопросов генезиса месторождения, однако, приходится на практике идти другим путем, от современных юных явлений к более старым, стараясь последовательно элиминировать влияния наложения одних процессов на другие.

Древнейшие известные осадочные образования Ферганы принадлежат верхнему силуру, который обычно носит глубоководный характер. Непрерывная серия осадков связывает силурийские отложения с известняками герцина — известняковой фацией открытого моря; последний в свою очередь теснейшим образом связан с вышележащей серией осадков. Разрез чисто морских отложений заканчивается известняками нижнего карбона (верхней части).

Наступает орогенетическая фаза, сопровождаемая уходом морских вод; процессы денудации обнажили выходы интрузивных пород, появление которых, вероятно, связано с конечными стадиями пикативных процессов.

Затем, отступившее было море вновь заливает страну и откладывает мощную толщу осадков прибрежного характера: конгломераты, песчаники, рифовые известняки. Вулканические явления нарушали процессы спокойного накопления осадков, изливая на дно швагеринового моря лавовые потоки и откладывая массы туфов.

К эпохе пермо-карбона море покидает надолго описываемую часть Ферганы; новая мощная фаза орогенетических процессов является вероятно

причиной, закончившей существование этой части древнего „Тетиса“. Пликативные явления сопровождалась вероятно теми дизъюнктивными дислокациями, следы которых мы находим в окрестностях Тюя-Муунского грешья. Конец этой герцинской складчатости сопровождался мощными проявлениями вулканизма; возможно, что большая часть эруптивных пород около рудника относится именно к этой эпохе.

Наступает длинный континентальный период, прервавшийся вероятно не надолго ингрессией юрского моря; в нашем же районе морские юрские осадки замещены континентальными — лагунными, с пластами каменного угля и остатками растений. Колебания климата этой эпохи были, вероятно, причиной того, что периоды усиленной эрозии и сноса, чередовались с моментами накопления продуктов разрушения. Выше угленосных отложений юры, залегает мощная ядро красная толща грубых конгломератов, диагонально слоистых песчаников, мергелей. Возраст красной свиты, напоминающей отложения пустыни, приблизительно определяется как нижнемеловой. По аналогии с современными явлениями, мы должны допускать для этого периода возможность эпигенетических движений.

Континентальный комплекс в эпоху турона резко сменяется морским мелководным; эти осадки, сохраняя свой характер, постепенно переходят в ниже-третичные, после отложения которых море окончательно покидает Фергану. Уход моря находится вероятно в связи с общим поднятием страны — отголоском интенсивных „альпийских“ движений, охвативших полностью южнее лежащую область Памира. Новый континентальный период сопровождался образованием огромных толщ серых, переслаивающихся с глинистыми песчаниками и лессовидными образованиями конгломератов, возможно, в главной массе своей, пролювиального происхождения.

Альпийские тангенциальные движения отразились заметным образом в южной Фергане. Мы имеем полное основание считать, что в окрестностях Тюя-Мууна мезозойские отложения сплошь покрывали палеозойские породы; в послееоценовое время весь этот комплекс подвергся складкообразованию, достигавшему местами значительной интенсивности (шарнирные явления). Эрозионные процессы (площадная эрозия) срезали замки антиклинальных складок, обнажив зажатые в ядрах палеозойские породы. Последующие тектонические процессы носили уже исключительно характер вертикальных перемещений. Ими обусловлены основные черты современного рельефа. Не останавливаясь на деталях этого рельефа отметим те его особенности, которые необходимо учесть при изучении рудных месторождений.

Северное предгорье Алайского и Туркестанского хребтов разбито четвертичными сбросами как бы на ряд отдельных призм или параллелипипедов (передовые кулисы Алая, по Миддендорфу), почти параллельных простиранию пород; эти призмы перемещены относительно друг друга по вертикали на различные расстояния, причем так, что обыкновенно зоны приподнятых

призм чередуются с зонами относительно опущенных. Если мы станем прослеживать такие приподнятые призмы по простиранию, в особенности в более низких частях предгорий, то заметим, что и в поперечном направлении свиты их слагающих пород часто скрываются под более молодые отложения для того, чтобы на некотором расстоянии вновь появиться. Кроме таких поперечных областей погружения наблюдается иногда разрыв и перемещение таких зон относительно друг друга в горизонтальном направлении. Эти отдельные выдвинутые призмы срезаны процессами денудации на различную глубину и находятся в различных стадиях размывания; благодаря этому часто в одной и той же широтно идущей полосе обнажаются различные глубинные зоны. Продукты разрушения сносятся в пониженные области, загружая их, и с точки зрения изостазии способствуют усилению уже наметившихся процессов вертикального перемещения.

Такова геологическая история окрестностей Тюя-Муюна, какой она рисуется автору статьи на основании знакомства с очень небольшим районом Ферганы; выводы эти поэтому, конечно, очень схематичны и условны. См. также: (6), (12), (15), (22).

Все основные геологические проблемы этого района, как-то: тектоника, возраст изверженных пород упираются в отсутствие разработанной стратиграфии; нужны дальнейшие палеонтологические сборы, а на их фоне — геологические наблюдения.

### Минералогические находки в окрестностях рудника.

Среди окружающих Тюя-Муюн пород были сделаны некоторые минералогические находки, не позволяющие пока нарисовать топоминералогическую или геохимическую картину.

1) Барит; наиболее многочисленны находки барита. Последний первоначально был констатирован исключительно в известняках Тюя-Муюнского гребня и его продолжений; на протяжении 16 км. было обнаружено до 50 проявлений барита, обычно прозрачного или желтого, часто в виде жил до 1 метра мощности, имеющих промышленную ценность. Затем бариты были найдены в Кара-Ташской гряде, а в последнее время также в сланцевой свите и изверженных породах по обе стороны гребня; конкреционный барит обнаружен в угленосных свитах юры.

Значительный интерес представляет так наз. Большая Баритовая Пещера, расположенная на южном склоне Т.-М. гребня в 650 метр. к востоку от рудника, на одной с ним высоте.

Мешкообразная полость ее вытянута в ю. з. направлении; общее протяжение около 100 метр. а глубина от устья — 60 метр. Местами вдоль стенок ее идут баритовые жилы (прозрачный, бесцветный барит) до 1 метр. мощности, местами жилы пересекаются стенками; в нижней части

находятся интересные трубчатые полости, доступные посещению, как бы громадные жеоды, выстланные крупными кристаллами барита пластинчатой формы.

2) Медь; кроме Тюя-Муюнской гряды известна в виде медной зелени в известняках хребта Кара-Таш (возможно, в связи с контактами известняков и порфириров), а также в порфиритах (или туфах) в овраге Джидабулак и близ контактов диорита Кизил-Кунгея (незначительные примазки).

3) Марганец — псиломелан (?) среди своеобразных зеленовато-серых кремнистых сланцев, в  $\frac{1}{2}$  клм, к северо-востоку от рудника, в виде примазок по плоскостям напластования и отдельности. Вероятно в связи с изверженными породами.

4) Железо — в тех же кремнистых сланцах, но несколько восточнее, в виде красного железняка (ожелезненные кремнистые сланцы), затем обильные скопления бурого железняка в контактах известняков и порфириров, а в особенности в области затронутой термальными процессами.

5) Пирит — значительные скопления в каналах древних терм; вкрапления в диоритах Кизил-Кунгея; наибольшие конкреции в углистых сланцах силурийского возраста.

6) Колувратиты — в виде незначительных налетов или примазок на черных кремнистых сланцах, подчиненных свите силура; находки сделаны в нескольких местах к востоку от рудника в сланцевой полосе, расположенной между Тюя-Муюнской и Кара-Ташской грядой; надо сказать, что эти определения сделаны пока основываясь только на внешнем сходстве минералов с колувратитами Кара-Чагыра (см. ниже).

7) Гипс; необходимо отметить находки гипса в виде незначительных скоплений в некоторых частях Тюя-Муюнского известняк. гребня а также небольшие прослойки (5—10 мм.) и отдельные кристаллы в углистых силурийских сланцах. Большие массы гипса в меловых отложениях для минералогических построений такого интереса не представляют.

Кроме указанных, найдены еще и другие минералы, совершенно пока не изученные.

Приведенный перечень ясно указывает на неполноту наших сведений в этой области; топо-минералогическая съемка была бы крайне желательной; может быть таким образом удалось бы подойти к вопросу о происхождении тех или иных элементов, известных в Тюя-Муюнском месторождении.

### Вопрос о генезисе Тюя-Муюнского месторождения.

Возвратимся теперь опять к минеральным скоплениям рудника и остановимся на нескольких общих положениях геохимии урана, ясно сформулированных академиком В. И. Вернадским.

Последний, изучая геохимию урана и радия пришел к выводу, что главная масса урана находится в рассеянном виде в форме ничтожных следов среди массивных пород. Такие микрокосмические смеси в магматических породах являются первичной формой нахождения урана.

На земной поверхности наиболее устойчивые формы урановых соединений относятся также к формам рассеяния. Правда, существуют некоторые концентрации урана, представляющие, по видимому, поглощение урановых соединений разными телами, но такие его скопления никогда не достигают величин характерных для более первичных минералов.

„Главная концентрация радиевых руд в форме скоплений урановых минералов происходит не в коре выветривания и не в магматической области, а в промежуточной метаморфической оболочке“ (19), всегда в связи с процессами, идущими в магмах. Мы не знаем значительных концентраций урана, не связанных генетически с явлениями идущими в магмах.

„Несомненно, выделения в штокахверках, в пегматитовых жилах, в конкреционных жилах и даже из водных, более холодных, растворов, в связи с тектоническими трещинами, по нашим современным понятиям связаны с процессами, идущими в магмах.

Но во всех этих случаях, все находящиеся в этих условиях минералы являются результатом вторичных реакций магматических масс, связаны с выделением из них растворов, паров, так или иначе более подвижных частей, удаленных раньше превращения магмы в горную породу.

В общем составе происшедших из магмы пород, первичные урановые минералы обычно играют ничтожную роль; они выделились вне самой породы“ [(17) — стр. 31].

Вероятно и для Тюя-Муюнского месторождения, как это считает В. И. Вернадский, мы имеем дело с подземной переработкой верхов кислых изверженных пород ювенильными водами. Подъем этих вод из зоны магматических процессов облегчается глубокими тектоническими трещинами. Неясна только связь, в этом и ему близких месторождениях, урана с ванадием; последний чаще приурочен к щелочным породам, в цветных минералах которых он и концентрируется.

Можем ли мы установить связь Тюя-Муюнского месторождения с какой-либо группой нам известных в окрестностях рудника изверженных пород?

Профессор А. Н. Заварицкий, посетивший рудник осенью 1923 года, дает на этот вопрос отрицательный ответ, считая главным образом по морфологическим признакам рудного тела, а отчасти исходя из мысли о молодом возрасте наблюдаемых сбросов, что месторождение должно быть относительно молодым, во всяком случае моложе тех изверженных пород, которые обнажаются в районе р. Араван; связь же с термальными явлениями по его мнению весьма вероятна.

Такое заключение кажется нам пока еще несколько преждевременным; ответ же мы можем получить двумя путями:

- 1) углубляясь в толщу земной коры по рудным проводникам;
- 2) изучая систематически радиоактивность изверженных пород области и рассеянные в них элементы.

Второй путь требует предварительного решения принципиального вопроса можно ли нашими методами радиоактивных исследований заметить разницу в активности изверженных пород, с которыми связаны месторождения урановых руд и таковых, которые не сопровождаются ими и существуют ли вообще такая разница? Литературные данные как будто дают благоприятный ответ, но учитывая легкость выветривания урановых соединений и склонность к некоторой абсорбционной вторичной концентрации, вопрос этот требует все же критического рассмотрения.

В Тюя-Муюнском районе извержения закончились до начала отложения осадков юры. Однако, по ту сторону Ферганского хребта, в районе Суяка и Тюяна мы знаем юрские и может быть более молодые извержения, связанные с интенсивными орогенетическими процессами, охватившими огромные, лежащие южнее, пространства. Возможно, что в южной Фергане эти проявления вулканизма выразились только интрузиями, не выявленными пока процессами эрозии, и сопутствующими им термальными явлениями.

Попробуем теперь, оставив в стороне теоретические соображения об условиях концентрации урановых руд, выбрать из общей, выше описанной геологической картины, отдельные моменты и поставить их в связь с генезисом Тюя-Муюнского рудника.

Такую попытку уже сделал академик В. И. Вернадский в 1914 году на основании имевшихся тогда в его распоряжении данных.

Он говорит [(18) — стр. 1379]: „руководящими для поисков указаниями являются:

- 1) геологически определенный горизонт осадочных пород;
- 2) петрографический характер изверженных пород;
- 3) характер дислокационных линий;
- 4) признаки медных руд (с которыми совместно здесь часто встречаются U — V тела).

При тождественности всех этих признаков с Тюя-Муюнскими можно ожидать нахождение в данной местности и аналогичных радиевых руд“.

Можем ли мы теперь на основании имеющегося нового фактического материала уточнить эти положения или установить причинную связь между появлением U, V, Cu, Ba и одним из этих факторов?

Ответ получится отрицательный.

Пока что удалось только уточнить отдельные положения этой общей формулировки, но и только. Так, например, пункт первый надо понимать более широко и говорить, вероятно, об определенном „комплексе“ осадоч-

ных пород и даже шире — об определенном комплексе геологических условий, среди которых важнейшими, вероятно, являются тектонические и связанная с ними глубина эрозии.

Причина этому лежит до известной степени в том, что для решения столь сложной проблемы, как генезис радиевых руд, нужна дружная и строго координированная работа представителей различных научных дисциплин, а главное — *постоянное подкрепление полевых наблюдений соответственной лабораторной обработкой собираемого материала*; — этого до сих пор не было.

### Коловратиты.

Кроме урановых руд Тюя-Муюнского месторождения, в Фергане известны еще другие скопления радиоактивных минералов, отличающихся, однако, значительно меньшей активностью.

Наиболее интересные находки таких минералов были первоначально сделаны Московской экспедицией 1914 г. (23), а впоследствии и членами экспедиции Академии Наук в 1916 году (29).

Первые руководящие указания для поисков были получены Московской радиевой экспедицией при помощи прибора Гердиена, прямое назначение которого — определять ионизацию воздуха.

Сущность его сводится к следующему: на штативе устанавливается горизонтально открытый с двух сторон цилиндр, диаметр которого около 16 см. С одной его стороны помещается аспиратор, приводимый во вращение от руки и служащий для протягивания воздуха. Внутри цилиндра находится металлический конденсатор, соединенный с электрометром; последний помещается под цилиндром. Заряжая конденсатор до определенной величины, можно потом, протягивая воздух, судить о степени его ионизации по скорости спадания листочков электроскопа<sup>1)</sup>.

Явления ионизации воздуха находятся в сложной зависимости от ряда еще не вполне выясненных причин, главным образом метеорологических; большие скопления радиоактивных руд вблизи земной поверхности должны также влиять заметным образом на показания этого прибора.

Первые опыты, проделанные с „гердиеном“ в окрестностях Тюя-Муюнского рудника указали на большую зависимость его показаний от направле-

---

1) Начальный заряд был обычно (при работах 1914 г.) в 220 вольт; данные наблюдений подставлялись в формулу проводимости:  $\lambda \pm = \frac{\log \text{ nat. } \frac{V_1}{V_2}}{t} \cdot \frac{C \cdot \log \text{ nat. } \frac{R}{r}}{2\pi l}$ , где:  $\lambda_+$  — полярная проводимость из определения с отрицательным зарядом;  $\lambda_-$  — то же из определения с положительным зарядом;  $V_1$  — начальный заряд;  $V_2$  — конечный заряд;  $C$  — емкость конденсатора с электроскопом = 10,5 с.;  $R$  — радиус внешнего цилиндра = 8 сант.;  $r$  — радиус конденсатора = 0,7 сант.;  $t$  — продолжительность наблюдения в секундах, в норм. случаях = 300;  $l$  — длина конденсатора = 24 сант.

ния и силы ветра (вблизи скоплений заведомо активных руд), подчеркнув вместе с тем слабую чувствительность прибора.

Опыты эти продолжались и в других районах работ экспедиции; в середине мая поисковый отряд, двигаясь от Тюя-Муона к западу достиг долины р. Испайрана, где расположился лагерем в 5 км. южнее селения Уч-Курган, метрах в 50 от коренных обнажений правого борта 2-й речной террасы.

Вечером производились наблюдения над полярной проводимостью воздуха, причем прибор был первоначально установлен длинной осью на юг, параллельно реке, вдоль которой начинал уже дуть вечерний бриз. Спадание листочков оказалось ничтожным. Тогда, желая элиминировать влияние бриза, прибор, повернутый на  $90^\circ$ , был поставлен под защиту палатки. Своим устьем он смотрел теперь на черные скалистые вершины правого берега, прорезанные в этом месте небольшим ущельем. Теперь улавливались боковые струи воздуха, спускавшиеся по этому ущелью. Ионизация воздуха оказалась заметно большей. Утром эти наблюдения были повторены в тех же условиях — опять получились такие же результаты (24)<sup>1)</sup>.

После этого мрачные черные кремнистые скалы были тщательно осмотрены и в самом непродолжительном времени удалось найти желтые, на внешний вид аморфные, заметно активные минералы, названные впоследствии „коловратитами“.

Месторождения их расположены в черных кремнистых сланцах горы Кара-Чагыр, представляющей короткую гряду, вытянутую с запада на восток, зажатую в серые песчаники, углистые и глинистые сланцы. Длина выхода около 450 мтр., наибольшая ширина 80 мтр., а абсолютная высота вершины = 1341 мтр.

Слои кремнистого сланца, слагающие гору очень круто падают то к северу, то к югу, или стоят на головах, заметно изгибаясь в плане в ту и в другую сторону; в них сильно развита отдельность, а местами и сланцеватость. Цвет породы темно-серый, иногда совсем черный; тонкие жилки, заполненные кварцем рассекают ее в разных направлениях. На северном склоне горы встречаются слои битуминозного известняка (малой мощности), подчиненные кремнистым сланцам.

Во многих местах южного обрывистого склона можно встретить желтые, разных оттенков налеты и зеленовато желтые натеки и примазки.

Самые большие скопления желтого минерала находятся недалеко от восточного края выхода (с южной стороны).

1) Наблюдения в 9 ч. веч. 20/IV 14 г. под защитой палатки дали:  $\lambda_{+} = 1,19 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_{-} = 0,88 \cdot 10^{-4}$ , а наблюдения вблизи выходов коловратитов Кара-Чагыра соответственно:  $6,05 \cdot 10^{-4}$  и  $5,35 \cdot 10^{-4}$ ; для сравнительной оценки этих цифр можно привести наблюдения в сел. Канибадам, довольно характерные вообще для более центральных частей Ферганской долины:  $0,88 \cdot 10^{-4}$  и  $0,62 \cdot 10^{-4}$  (3/III 14 г. 6 ч. веч.).

Здесь в уступе над осыпью можно как-будто наметить жилу крайне неправильной формы, уходящую вверх, пересекая пласты кремнистого сланца. Местами она представляет брекчию кремнистых сланцев, сцементированную желтым минералом (мощностью до  $\frac{1}{2}$  мтр.). Однако, внимательно присматриваясь к ней, можно заметить, что от жильного тела по трещинам отдельности и напластования распространяются примазки этого же минерала, достигая местами скоплений в  $\frac{1}{2}$  см. мощностью: эти прожилки переходят на некотором расстоянии в весьма тонкие налеты.

Первое впечатление жилы начинает уступать место представлению о сплошных слабо оруденелых зонах. Местами цвет минеральных скоплений не желтый, а зеленовато-желтый; на некоторых участках жилы под желтым веществом находится буровато-красный активный прослоек, отделяющий описываемый минерал от пустой породы.

Химик Экспедиции А. П. Снесарев (23), (24) проанализировал образец из этой жилы: средняя проба всего образца дала содержание полезных окислов:  $V_2O_5 = 0,84\%$ ,  $NiO = 1,62\%$ .

Отобранный желтый минерал содержал:

|                 |       |
|-----------------|-------|
| $SiO_2$ .....   | 31,47 |
| $Al_2O_3$ ..... | 20,57 |
| $Fe_2O_3$ ..... | следы |
| $CaO$ .....     | 5,66  |
| $MgO$ .....     | 0,98  |
| $CuO$ .....     | следы |
| $NiO$ .....     | 12,22 |
| $V_2O_5$ .....  | 6,07  |
| $P_2O_5$ .....  | 3,16  |
| $H_2O$ .....    | 20,64 |

---

$\Sigma = 100,77$

$SiO_2$  растворимый в 10% горячем растворе соды  $= 8,69\%$ . Активность отдельных образцов при пересчете на урановую единицу равнялась 0,2%  $U_3O_8$  (активное начало неизвестно; уран аналитически не был обнаружен). Наиболее активным был желтый цемент в кремнистой жильной брекчии.

И. А. Преображенский (23) указывает, что по южному склону горы Кара-Чагыра имеется еще пять жил параллельных этой (к западу). Вряд ли, однако, можно говорить здесь о настоящих жилах.

Осенью 1923 года горный инженер П. И. Попов по поручению Геологического Комитета производил разведку одной из этих жил и пришел также к выводу, что это скорее оруденелые зоны вблизи места соприкосновения кремнистых и углистых сланцев; при углублении в толщу кремнистых сланцев оруднение совсем исчезает.

Им были собраны образцы пород и минералов, которые он демонстрировал на докладе о результатах разведки в Геологическом Комитете <sup>1)</sup>; в этом материале были не только аморфные желтые минералы, но и кристаллические желтые тела, мелко пластинчатый полупрозрачный зеленый минерал, а также образцы медной сини, зелени и хризоболлы.

Общий облик образцов дал основание присутствовавшему академику А. Е. Ферсману указать на некоторое сходство их с коллекциями из бирюзового месторождения Нишапура.

Следуя по простиранию Кара-Чагырской гряды к востоку, можно на некотором расстоянии встретить среди сланцевой и песчаниковой свиты отдельные небольшие островки черных кремнистых сланцев, залегающих как бы линзами. Последний значительный выход находится в 2½ км. к востоку и по расположенной на нем мусульманской могиле называется Хаджа Рушной Мазар; здесь также можно найти примазки желтого минерала. Далее вся эта свита исчезает под покровом порфирита (гора Чумчу-лык).

К западу от Кара-Чагыра, на противоположном берегу р. Испайрана, приблизительно на линии простирания кремнистых сланцев известен выход диабазы с антитовыми прожилками; впрочем в 1923 году П. И. Попов нашел несколько южнее кремнистые сланцы, зажатые в известняки с желтыми примазками. Найти ванадиевые минералы вне черных кремнистых сланцев в 1914 году не удалось.

Для суждения о происхождении этих минералов надо несколько остановиться на геологии этой местности; последняя достаточно полно описана в работе В. Н. Вебера (6).

Геологический профиль, проведенный вдоль правого берега реки Испайран, имеет очень много общего с описанным ниже профилем вдоль р. Араван; для удобства сравнения оба эти профиля приводятся вместе (см. стр. 36), поэтому можно только остановиться на некоторых деталях; к югу от Кара-Чагыра в ½ км. находится узкий широтно идущий грабен с погруженными отложениями юры. Прямо в притык к юре приходятся с севера кристаллические битуминозные известняки (немые), переслаивающиеся с черными кремнистыми сланцами (им подчиненными), затем идет свита серых песчаников, глинистых и углистых сланцев, которым, как выше указывалось, подчинены черные кремнистые сланцы; в этих последних встречаются небольшие пропластки битуминозного кристаллического известняка.

Буквально такие же соотношения повторяются в силурийской полосе сланцев Тюя-Муона; там также известны желтые примазки и налеты на кремнистых черных сланцах.

1) Съезд инженер-разведчиков II Отдела Комитета в январе 1924 г.

На этой свите, очень круто падающей к северу, лежит (несогласно) покров порфиритов с погруженными в них глыбами герцинских известняков. Далее к северу у сел. Уч-Курган, вероятно, весь этот комплекс опущен вдоль широтного сброса.

Сопоставляя геологические данные и минералогические находки в кремнистых сланцах можно высказать следующие положения:

1) Месторождения ванадиевых минералов неизменно приурочены к выходам определенного типа кремнистых сланцев.

2) Хотя непосредственной связи с изверженными породами в данных месторождениях не видно, таковая вполне возможна, так как вся описываемая свита вообще характеризуется обильными выходами изверженных пород в виде пластовых и секущих жил как основного; так и кислого типа (диабазы, аплиты, кератофиры).

3) Месторождения находятся недалеко от больших широтных сбросовых линий.

4) Кремнистые сланцы содержат в своем составе углистое вещество; они обычно подчинены углистым глинистым сланцам или битуминозным известнякам.

Экспедиция 1914 года, двигаясь от р. Исфайрана к западу до реки Исфары обнаружила в пределах той же сланцевой полосы еще несколько выходов кремнистых сланцев с желтыми примазками и налетами ванадиево-никелевых минералов, залегающих впрочем иногда в виде неправильных жил.

Находки такого же рода были сделаны в 1916 г. М. Г. Богословским (29) в районе с. Вуадила и западнее.

Наконец, Экспедиция горного инженера С. П. Александрова 1922 года упоминает о кремнистых сланцах с желтыми налетами около сел. Бель-Урюк в Наукатской долине, а в 1923 г. был сделан ряд аналогичных находок около Тюл-Муюнского рудника (восточнее)<sup>1)</sup>.

Анализ желтых минералов, найденных Богословским, был начат в геохимической лаборатории Академии Наук И. Д. Старынкевич; подтверждено присутствие в них ванадия и никеля; работа не была закончена.

На основании этих данных и анализа А. П. Снесарева, академика В. И. Вернадский нашел возможным выделить описываемое желтое вещество в новый минеральный вид — ванадат никеля и назвал его в честь безвременно погибшего ученого радиолога Коловрат-Червинского — „коловратитом“.

Таким образом прерывистая полоса кремнистых сланцев с радиоактивными коловратитами прослежена вдоль Алайского и Туркестанского хребтов почти на протяжении 200 км.

---

1) Образцы из этих мест не испытаны аналитически.

В настоящее время нам известны следующие месторождения коловратитов (идя с востока на запад):

1) Зимовка Кизил-Гия в 8 км. к востоку от Тюя-Муюнского рудника с южной стороны Тюя-Муюнского гребня (С. П. Александров, 1923 г.).

2) Хребет Оюлма к юго-востоку от рудника в 4—5 км. (Д. И. Щербаков, 1923 г.).

3) Кишлак Бель-Урюк в Наукатской котловине, приблизительно в 10 км. к западо-северо-западу от сел. Иски-Наукат (А. А. Анискович и С. П. Александров, 1922 г.).

4) Г. Кара-Чагыр на правом берегу р. Испайран в 6 км. к югу от базарной площади в сел. Уч-Курган (И. А. Преображенский и Д. Щербаков, 1914 г.).

5) Хаджа-Рушнай-Мазар в 2 км. к востоку от г. Кара-Чагыр (Д. Щербаков, 1923 г.).

6) Левый берег р. Испайран против г. Кара-Чагыр (П. И. Попов, 1923).

7) Окрестности сел. Вуадиль; в склоне оврага Анхор в 8 км. на юго-запад от впадения его в р. Шахимардан (М. Г. Богословский, 1916).

8) В 50 км. к юго-западу от города Новый Маргелан (Скобелев) по оврагу Киян-Куль и в 3 км. на восток от зимовки Шунк-Мазар (М. Г. Богословский, 1916 г.).

9) Овраг Сары-Камыш в 9 км. к востоку (или в.-в.-ю.) от сел. Туль на реке Сох (Д. И. Щербаков, 1914 г.).

10) Два выхода кремнистых сланцев к югу от сел. Туль в 3 км. по левому берегу р. Сэх. (И. А. Преображенский, С. П. Александров и Д. И. Щербаков, 1914 г.).

11) У сел. Чарку (южнее) около р. Исфары (И. А. Преображенский и Д. И. Щербаков, 1914 г.).

12) Горы Кара-Тау к западу от сел. Канибадам (ст. Мельниково), точнее месторождение неизвестно; ярко-желтые радиоактивные примазки, вероятно коловратиты, были доставлены в 1914 году горным инженером Григорьевым, ныне умершим.

Все эти месторождения (кроме 12-го) расположены в одной полосе, довольно постоянного литологического состава, характеризующейся к тому же на всем протяжении сходственными тектоническими элементами. Средняя ширина ее 8—10 км., а направление с.-в. 80°. К ней на востоке принадлежит район Тюя-Муюнского рудника.

Среди перечисленных месторождений наибольший интерес представляет гора Кара-Чагыр (№ 4), а по словам М. Г. Богословского, знакомого с Кара-Чагыром, более сильное впечатление производят коловратиты на черных кремнистых сланцах в овраге Киян-Куль (№ 8).

Следует отметить: 1) что около Тульского месторождения (№ 10), всего

в 300 метрах от одной из горok кремнистых сланцев обнаружен выход жильной гранитовидной породы, а около Чарку (№ 11) гранитовидная жила была в непосредственной близости от кремнистых сланцев.

2) Там, где встречались коловратиты они неизменно оказывались приуроченными к черным кремнистым сланцам, но далеко не во всех линзовидных островах этих сланцев были найдены эти минералы.

3) В 5 км. к северо-западу от сел. Чарку в серых кремнистых сланцах, относящихся к той же сланцевой полосе, к которой приурочены черные кремнистые сланцы и очень напоминающих зелено-серые кремнистые сланцы, расположенные севернее Тюя-Муюнского гребня, находятся месторождения бирюзы.

4) Вдоль северной границы описываемой сланцевой полосы тянутся выходы порфиритов с подчиненными им змеевиками и жилами кислых пород.

В ряде известняковых островков, находящихся в сланцевой полосе, вблизи зоны порфиритов, а иногда в удалении от последней, найдены или никкелевые минералы, или Ni обнаружен аналитически в самой породе: так, например, между с. Уч-Курган и с. Вуадиль около оврага Туз-Дара, в известняках — зеленоватые пятна; качественно в них обнаружен Ni, Cr, Cu, P [см. работу И. А. Преображенского (23)].

5) К полосе порфиритов приурочено много месторождений медных руд, промышленно не интересных; минералы этих месторождений не активны.

Практика Экспедиции 1914 года показала вообще, что зона порфиритов давала наименьшие цифры для радиоактивности всех испытуемых элементов, как-то: минералов, воды источников, воздуха.

Это заключение выявлялось постепенно в процессе работы; теперь в свете новых наблюдений вырисовывается все больше интерес, представляемый более южной сланцевой свитой, с как бы погруженными в нее параллелепипедами ниже-каменноугольных известняков — бросается в глаза в отдельных профилях поразительная аналогия с Тюя-Муюнским районом, его литологическим составом и тектоникой. (например, профиль по оврагу Сары-Камыш недалеко от р. Сох).

Не безинтересно упомянуть, что в известняках г. Абдыля на левом берегу р. Испайрана, относящихся к той же описываемой полосе, был взят образец бурого железняка из небольшого гнезда, оказавшийся слабо активным (23).

Если мы попытались бы теперь найти причинную связь между отдельными отмеченными явлениями и таким образом подойти к генезису коловратитов, то нас постигла бы такая же неудача, как в вопросе о генезисе Тюя-Муюна. Мы бы невольно пришли опять к формулировке В. И. Вернадского, с внесенными в нее добавлениями.

Причина этому кроется в ограниченности полевого и лабораторного фактического материала, которого значительно меньше, чем для Тюя-Муюнского района.

## Прочие проявления радиоактивности в Туркестане.

В 1914 году был сделан еще ряд интересных наблюдений, оставшихся мало разъясненными.

Так в двух пещерах тектонического происхождения, расположенных вблизи линий сбросов з.-в. простирания, оказалась чрезвычайно высокой ионизация воздуха (больше чем в устье западного ходка Тюя-Муюнского рудника по определениям с тем же прибором). Одна из них находится в нижне-каменноугольных известняках г. Боорды, вверх по р. Чаувай, правого притока р. Испайран. На кальцитах стенок пещеры местами вкрапления киновари (по данным анализа киноварь содержит большой % кадмия). Другая — пещера Кан-и-Гут, расположенная в палеозойских известняках к западу от р. Исфары, на параллели сел. Чарку. Эта огромная пещера служила в древности местом разработок, вероятно, бурого железняка. Для нее характерны жилы гипса с бурым железняком; встречаются в известняке небольшие гнезда свинцового блеска, пирита, в сопровождении гипса, бурого железняка и коричневых кристаллов барита; в некоторых местах корки и натеки вада. Радиоактивных минералов ни в той, ни в другой найдено не было, тем не менее едва ли можно объяснять большую проводимость воздуха этих пещер исключительно влажностью их; в ряде других пещер с одинаковыми приблизительно метеорологическими данными, проводимость оказалась позначительной, почти не отличной от наблюдаемой снаружи у входа.

Исключительно сильная ионизация воздуха наблюдалась и вне пещер в сел. Майдан, расположенном на р. Испайране, в 20 км. к югу от Уч-Кургана, в полосе кремнистых и глинистых сланцев неизвестного возраста. Никаких радиоактивных минералов в ближайших окрестностях этого места найти не удалось. Возможно, что во всех указанных случаях надо предполагать существование активных веществ в более глубоких слоях. См. (23), (24)<sup>1</sup>.

В поисках радиоактивных минералов экспедиция 1914 г. производила определение активности вод источников, встречавшихся по пути (дорожный электрометр Шмидта).

Каких-либо интересных руководящих результатов при этом не удалось получить; то же самое замечание впрочем относится и к данным опробо-

---

1) В 200 мтр. к югу от входа в Тюя-М. рудник, при слаб. зап. ветре  $\lambda_+ = 1,41 \cdot 10^{-4}$ ,  $\lambda_- = 1,20 \cdot 10^{-4}$ , над главной шахтой на срубе:  $17,64 \cdot 10^{-4}$  и  $17,64 \cdot 10^{-4}$ , а над боков. входом:  $37,29 \cdot 10^{-4}$  и  $48,16 \cdot 10^{-4}$  (при покойном аспираторе в теч. 40 сек.). В пещере Чаувай — 3-ий грот:  $60,3 \cdot 10^{-4}$  и  $58,77 \cdot 10^{-4}$  (при пущенн. аспир. в теч. 10 сек.); в пещере Кан-и-Гут — 10-ый грот:  $51,19 \cdot 10^{-4}$  и  $53,62 \cdot 10^{-4}$ . В противоположность этим пещерам Чарку на р. Исфаре дала:  $1,48 \cdot 10^{-4}$  и  $1,09 \cdot 10^{-4}$ . Наибольшая величина проводимости за все время экспедиции наблюдалась у сел. Майдан:  $125,13 \cdot 10^{-4}$  и  $125,13 \cdot 10^{-4}$  (31/VIII 14 г. в 12 ч. 15 м. ночи при пущенн. аспир. в теч. 9 сек.), а для покойного аспир.  $\lambda_- = 225,24 \cdot 10^{-4}$ . Наименьшая — на морене ледника Кара-су (Лейлак), для  $\lambda_- = 0,14 \cdot 10^{-4}$ .

вания вод источников Академической Экспедицией (Коловрат-Червинским в 1914 г.) и радиологом Б. К. Бруновским в окрестностях Тюя-Муюнского рудника (1923).

Наиболее интересные результаты дал в 1914 году источник у небольшого поселения Кызыл-Мазар, в отрогах гор Кара-Тау (15 км. к юго-западу от сел. Канибадама). Исследование активного налета его атмосферы показало наличие эманации радия. Этот источник оказался наиболее радиоактивным из всех испытанных в Фергане, вообще бедных активностью источников; для него  $i \cdot 10^3 = 15,59$  (ед. Махе). См. (24).

Геологическое изучение окрестностей как-будто позволяет высказать предположение, что активность источника связана с прохождением его вод через древние конгломераты. См. (23).

Та же Московская Экспедиция, предполагая возможность найти радиоактивные минералы в пегматитовых жилах (по аналогии с Мадагаскаром) посетила северные склоны Туркестанского хребта, где развиты пегматиты с литиевой слюдой, турмалинами и бериллами (верховья р. Ак-Су, р. Лейляка). Здесь результаты были отрицательными.

Несколько более благоприятные данные получил геолог А. А. Чернов, проделавший небольшой отдельный маршрут через перевал Кара-Казык в долину р. Кок-Су. По устному сообщению А. А. Чернова скарновые породы с Кара-Казыка, опробованные уже в Москве, оказались радиоактивными. При их изучении под микроскопом обнаружен монацит (?). После спуска в долину р. Кок-Су в разных точках брались пробы речных песков; полученные шлихи опробовались на радиоактивность. Заметной активностью отличались шлихи р. Кок-Су, взятые выше Шахдара.

Идея опробования шлихов возникла у членов экспедиции совершенно самостоятельно, в процессе поисковой работы, независимо от аналогичных мыслей проф. Орлова, который применил этот метод к изучению шлихов из разных золотоносных округов Сибири.

К критике этого метода нужно сказать, что больше вероятия таким образом обнаружить ториевые соединения; на земной поверхности ториевые минералы относительно более устойчивые чем урановые; они покрываются характерной коркой, предохраняющей минеральное тело от дальнейшего разрушения.

Заканчивая обзор радиоактивных проявлений в Фергане нельзя не указать на интересные результаты работы А. П. Бушуевой, опробовавшей в 1920 году на радиоактивность минералогические коллекции музея бывшего Туркестанского Горного Округа, шлихи из коллекции горного инженера И. И. Рутковского и шлихи из р. Чаткала.

По ее данным (34) активными оказались:

1) Шлих из русла р. Чаткала, у левого берега приблизительно в 1 км. выше устья р. Кок-Су.

2) Шлих с р. Курзуреу в Таласском Алатау. Активность, выраженная в уран. ед.  $= 0,1\% \text{ U}_3\text{O}_8$ .

3) Медная руда (хризокolla) из месторождения в 15 км. к юго-западу от Кизил-Кийской каменноугольной копи. Активность  $= 0,3\% \text{ U}_3\text{O}_8$ .

4) Тяжелый шпат (с чешуйками урановых минералов) из окрестностей Кизил-Кийской каменноугольной копи. Активность от  $0,1\%$  до  $0,5\%$  в разных частях образца.

5) Медная руда из г. Кара-Тау (Чимкентский у. Сыр-Дарьинской области). Активность  $= 0,06\%$ .

6) Натечные образования (углекисл.) со стен пещеры Кан-и-Мансур. К сожалению этикетки при материалах не давали более точных указаний о местонахождении месторождений.

Ценные результаты, полученные этим способом заставляют выдвинуть на очередь дня вопрос о радиометрическом опробовании коллекций туркестанских горных пород и минералов, хранящихся в разных музеях и учреждениях. Другое пожелание геолога-разведчика — точное выяснение природы радиоактивного начала, в особенности в слабо активных горных породах и минералах, например коловратитах, бурых железняках и проч., так как геохимия или история тех или иных радиоэлементов в земной коре резко различна, что необходимо учитывать при поисковых работах.

---

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Итак мы имеем в Фергане два типа радиоактивных минералов: сильных и слабых. Радиоактивность первых регулируется законами радиоактивного равновесия, достигающего в большинстве случаев значительного процента теоретической величины.

Активное начало во вторых может быть связано с процессами вторичной их концентрации из рассеянного состояния или явлениями изоморфизма.

Мне кажется, что значительное количество находок слабо радиоактивных минералов, приуроченных к большой сравнительно области должно быть в связи с общим повышенным процентом радиоактивных начал в массе элементов слагающих Фергану. Наличие же Тюя-Муюнского рудника говорит определенно о том, что не только формы рассеяния характерны для радиоактивных элементов Туркестана, но и формы гидро-термальной концентрации их в верхней части метаморфической оболочки.

Среди известных мировых месторождений ближе всех подходят к Тюя-Муюнскому месторождения карнотитов в Америке, а пролить некоторый свет на вопросы генезиса могли-бы карнотиты Австралии.

Карнотиты в штатах Колорадо, Юта приурочены также к зонам радиальных перемещений и известны на огромных пространствах.

Желательно было бы сравнительное изучение Тюя-Муонского и Американских месторождений. Намечающаяся аналогия вызывает большие надежды.

Некоторые черты различия вероятно вызваны различными вмещающими породами; известняки обладают большей чем песчаники реакционной способностью, склонны к процессам метасоматического характера; особенности их выветривания также иные. Наконец своеобразные черты климата Ферганы должны были создавать особые условия вторичного обогащения в верхней, близкой к поверхности части таких месторождений.

Я позволил бы себе следующим образом резюмировать свой доклад и высказать следующие пожелания:

1) Известные нам радиоактивные минералы Ферганы, встреченные на большом пространстве заставляют предполагать существование своеобразной металлогенической провинции с характерными для нее: Ra, U, (Th?), V, Cu, Ba, (Ni?).

2) Совокупность геологических условий окрестностей Тюя-Муонского рудника повторяется на значительном пртяжении вдоль северных склонов Алайского и Туркестанского хребтов, что дает основание искать там аналогичных урановых месторождений.

3) Фергана представляет своими радиоактивными проявлениями совершенно исключительный научный и практический интерес; они должны подвергнуться систематическому обследованию и изучению.

4) Жизнь выдвигает эти работы на очередь дня, как большую государственную задачу, так как развивающаяся радиевая промышленность и связанное с ней получение урана и ванадия, необходимых металлургии, требует своевременного выявления достаточных запасов руды.

5) Тюя-Муонский рудник и его окрестности должны быть широко использованы для разработки методов поисков радиоактивных руд; необходимо также детальное и точное изучение самого рудника и его окрестностей — геологическое, минералогическое и радиологическое, что даст материал для сравнительного изучения других месторождений и районов.

6) Скопившийся фактический материал и опыт позволяют внести элемент целесообразности и закономерности в дальнейшие научные работы по изучению радиоактивности Ферганы, а таковые являются основой практического использования ее природных ресурсов.

7) Инициатива таких работ, научное руководство и сводка собирающегося фактического материала должны исходить и производиться государственным научным учреждением с достаточным для этого кадром компетентных специалистов; — это могла бы быть одна из задач Государственного Радиевого Института.

Д. Щербаков.

## Резюме протокола заседания.

Изложенное выше было заслушано на открытом заседании Ученого Совета Государственного Радиевого Института при Рос. Ак. Наук, 28 янв. 1924 г.

После доклада был обмен мнений, в котором принимали участие следующие лица: С. П. Александров, А. А. Анискович, В. И. Глебова, А. Н. Заварицкий, А. С. Моисеев, П. И. Попов, А. Е. Ферсман, В. Г. Хлопин, Д. И. Щербаков.

Председатель собрания академик А. Е. Ферсман формулирует следующим образом пожелания, высказанные в докладе и в прениях и предлагает Совету Гос. Радиевого Ин-та взять на себя инициативу по организации исследования Тюя-Муюнского месторождения в следующих направлениях:

1) Изучить тектоническую и литологическую полосу, к которой принадлежит Тюя-Муюнский известняковый крах в широтном направлении и собрать соответствующий геологический, минералогический и петрографический материал.

2) Произвести аналогичную работу в меридиональном направлении, так как можно ожидать повторения таких же тектонических и литологических зон.

3) Изучить связь урано-ванадиевых минералов с изверженными породами, выяснив вопрос, связан ли уран и ванадий с молодыми породами или же с более древними.

4) Подвергнуть правильно отобранный минералогический материал тщательному химическому анализу, данные которого могут дать целый ряд ценных указаний для решения вопроса о генезисе месторождения.

5) Выяснить на Тюя-Муюне взаимоотношение между карстовыми и жильно-рудными процессами путем сравнительного изучения полостей в известняках.

6) Изучить распределение и видоизменение отдельных минералогических индивидуумов в рудном теле с глубиной.

7) Произвести сравнительное кристаллографическое изучение форм минералов, сопровождающих рудное тело и ближайших месторождений, лишенных U и V.

8) Изучить морфологию рудного тела.

9) Организовать радиологическое изучение всех упомянутых выше тектонических и литологических зон, как путем изучения собираемых образцов, так и работ на месте.

10) Произвести сравнительное изучение других рудных месторождений Ферганы, что может дать материал для суждения о возрасте и генезисе Тюя-Муюнского месторождения.

11) Определить возраст Тюя-Муюнского месторождения, кроме перечисленных способов также и радиологическим путем, изучая отношения урана к радию, урана к свинцу и урана к гелию, на минералогически однородном материале.

12) Провести исследование Тюя-Муюнского месторождения в спешном порядке пока промышленная разработка не изменила природной картины месторождения.

Предложение А. Е. Ферсмана принимается единогласно.

В. Г. Хлопин предлагает в дополнение к вынесенным уже пожеланиям следующую резолюцию:

Принимая во внимание, что интенсивная промышленная разработка Тюя-Муюнского месторождения неизбежно исказит его природный вид и этим лишит специалистов возможности детально изучить геологию и минералогию рудника и наметить правильный генезис месторождения, считать, что невозможность правильного научного изучения месторождения весьма затруднит дальнейшие поиски радиевых руд, а потому признать научное минералогическое и геологическое изучение Тюя-Муона ударной задачей Института в текущем году.

Резолюция принимается.

24838

## О Г Л А В Л Е Н И Е.

|                                                                     | СТР. |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| Предисловие . . . . .                                               | 3    |
| Краткая история исследований и главнейшая литература . . . . .      | 5    |
| Список главнейших печатных работ и рукописей. . . . .               | 8    |
| Местоположение Тюя-Муюнского рудника. . . . .                       | 15   |
| Выработки и естественные полости рудника. . . . .                   | 17   |
| Минералы рудника . . . . .                                          | 20   |
| Химические элементы, открытые в месторождении . . . . .             | 23   |
| Рудные тела месторождения . . . . .                                 | 24   |
| Технические анализы средних проб . . . . .                          | 28   |
| Запасы руды . . . . .                                               | 29   |
| Оруденение и полости . . . . .                                      | 30   |
| Рудные признаки в ближайших окрестностях рудника . . . . .          | 31   |
| Геологическое строение окрестностей Тюя-Муюнского рудника . . . . . | 34   |
| Минералогические находки в окрестностях рудника . . . . .           | 42   |
| Вопрос о генезисе Тюя-Муюнского месторождения . . . . .             | 43   |
| Коловратиты . . . . .                                               | 46   |
| Прочие проявления радиоактивности в Туркестане . . . . .            | 53   |
| Заключение . . . . .                                                | 55   |
| Резюме протокола заседания . . . . .                                | 57   |

---