

Рукопись. 1935 г.

КОЛОВРАТИТОВЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЮЖНОЙ ФЕРГАНЫ

М.В.Самойло, К.П.Флоренский

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

ВВЕДЕНИЕ

После того, как в 1900 г. среди образцов медных руд Тюя-муюнского месторождения, находящегося в Восточной Фергане, И.А.Антиповым на кальците были найдены «налеты чешуйчатого сложения из хальколита или мелкого уранита» — рудник приобрел широкую известность и неоднократно посещался различными исследователями. До 1914 г. исследования касались лишь ближайших окрестностей рудника, но в этом году были снаряжены две радиевых экспедиции, которые должны широко осветить южную Фергану в отношении возможности находок аналогичных месторождений.

Радиевая экспедиция Академии Наук взяла на себя изучение юго-восточных районов Ферганы, а Московская радиевая экспедиция во главе с А.А.Черновым и геологом И.А.Преображенским [26] с поисковой целью объехала северный склон Алайского хребта от Тюя-Муюна до Канибадама, отдельными маршрутами выходя далеко из области предгорий и даже переваливая Алайско-Туркестанский хребет на южную его сторону. Попутно экспедицией велись измерения ионизации воздуха и измерения активности родниковых вод, а также изучение неактивных полезных ископаемых.

Поисковыми признаками служили: 1) известняки, аналогичные Тюя-муюнским, 2) выходы изверженных пород (порфиринов) и связанных с ними медных руд, 3) сбросовая область, 4) места контактов осадочных и изверженных пород, 5) пегматитовые жилы центральной части хребта. Однако при руководстве этими данными не было найдено ни повышенной активности этих зон, ни новых урано-ванадиевых месторождений.

В результате работ экспедиции был найден целый ряд точек, вытянутых в одну полосу, с выходами желтых, слабо активных минералов, содержащих ванадий.

Эта полоса, вытянутая в направлении СВ 80° шириной не более 8 км, состоит из изолированных выходов кремнистых сланцев, содержащих примазки ванадиевых минералов.

В 1915 и 1916 гг. в пределах изучаемого района работал М.Г.Богословский, которым найдено несколько новых месторождений аналогичных минералов, не выходящих за пределы той же полосы кремнистых сланцев [40].

Уже на основании предварительных анализов этих желтоватых коломорфных образований В.И.Вернадский [7] нашел возможным выделить их в новый минеральный вид — коловратит — названный им так в честь безвременно погибшего радиолога Л.С.Коловрат-Червинского. Химически этот новый минерал представляет ванадат никеля, причем состав его в точности не установлен и радиоактивное начало неизвестно.

На одном из наиболее интересных из этих месторождений Кара-Чагыре работал И.Д.Курбатов [14, 15, 16, 17]. Он отмечает мелкокристаллическое строение минералов Кара-Чагыра, переходящих в грубые дисперсные смеси и, наконец, в коллоидальные системы. Среди кристаллических тел Кара-Чагыра, анализом которых он занимался главным образом, он не нашел ванадатов никеля, но выделил несколько новых минералов.

В землистых же зеленовато-желтых скоплениях неоднократно находились ванадий, никель и следы урана, так что теперь название коловратита чаще употребляется именно по отношению к этим неопределенного состава ванадатам, содержащим никель.

После Кара-Чагыр неоднократно посещался отдельными исследователями, но все эти посещения носят случайный характер и не освещены, или почти не освещены в литературе.

Кроме работ И.А.Преображенского, наиболее полными являются две сводки по коловратитовым месторождениям [40, 42] данных Д.И.Щербаковым. В первой из них он дает краткое описание геологических условий их нахождения, а во второй дополняет его описанием двух найденных М.Г.Богословским в 1916 г. точек: Киан-Куля (Кара-Таш) и Анхора, до тех пор не описанных в литературе.

В результате этих работ к 1934 г. была известна узкая вытянутая полоса активных месторождений ванадия свыше 200 км длиной от Тюя-Муюнского рудника на востоке и до меридиана ст. Мельниково на западе.

Таким образом, оказывалось, что проявление ванадиевой минерализации здесь также приурочено к широтной полосе, как это замечается и для геохимии многих других элементов в Средней Азии.

Упомянутые точки и характер оруденения в них указывали на вероятность находок подобных же новых месторождений, приуроченных к той же полосе. Кроме того, и отмеченные уже точки, за исключением Кара-Чагыра, оставались мало изученными, а некоторые из них посещались лишь при беглых маршрутных исследованиях. Выяснение генетических взаимоотношений в месторождениях подобного типа, помимо их прямой научной ценности, могло бы дать руководящую нить в поисках аналогичных образований и помочь при исследовании Тюя-Муюнского месторождения. Несмотря на давность этого рудника и то, что почти каждый год там работали исследовательские геологические партии, на генезис его не было выработано общих взглядов и эксплуатация его велась неуверенно.

Весь накопившийся по данной теме материал и необходимость изучения сырьевой базы ванадия и урана и привели к организации специальной партии, в задачи которой вошло сравнительное изучение зарегистрированных в районе точек с проявлением ванадиевой минерализации и маршрутно-поисковые исследования на участках, прилегающих к этим месторождениям.

Согласно плану работ, детальными исследованиями отряда должна была быть охвачена неправильная полоса различных сланцев нижнего палеозоя, шириной 15–20 км, проходящая от р. Иепайрама до левобережья р. Иефары на долготе ст. Мельниково (жел. дор. линия Ходжент–Маргелан), а также отдельный маршрут в горный Кара-Тау, откуда были доставлены желтые ванадиевые минералы ныне умершим инж. Григорьевым.

(Рис. 1).

Географический очерк. Изучаемый район расположен в виде узкой полосы, идущей по северному склону Алайского хребта и восточной части Туркестанского. Так как эти хребты составляют прямое продолжение один другого и были даже попытки объединить их общим именем, мы будем говорить о едином Алайско-Туркестанском горном хребте, разделяя их только в тех случаях, когда хотим описать строго определенную часть его. Алайско-Туркестанский хребет орографически относится к юго-западной ветви Тянь-Шаня и имеет, в общем, почти широтное простираие.

Алайский хребет состоит, собственно, из нескольких кулисообразных параллельных хребтов, из которых на востоке отметим Кичик-Алайский, который, хотя и прорезается р. Испайрамом, но должен быть выделен за свою высоту, превышающую высоту Алайского хребта. Общая высота хребта убывает по направлению к западу, и Туркестанский хребет уже значительно ниже Алайского. Орологическая составляющая Туркестанского хребта выражена чрезвычайно отчетливо и опять-таки понижается к западу и сходит на нет у Самаркандекой котловины.

Средняя высота перевалов в бассейны Аму-Дарьи и Зеравшана около 4000 м, но отдельные вершины Алайского хребта достигают 5500 м.

Благодаря такой вышине водораздельной линии вершины всех крупных рек района подходят к ледникам, что обеспечивает их полноводность.

При первом взгляде на карту бросается в глаза отличие северного склона хребта от южного. Северный склон хребта широкий и пологий, в то время как южный круто обрывается вниз. Особенно резко это выражено у западного Туркестанского хребта. Современный рельеф мало обязан тектоническому строению района и зависит, глазным образом, от энергичных деятелей эрозии.

Северный склон хребта, в пределах изучаемого района, можно разделить на две части, естественной границей которых служит продольная котловина, лежащая около 40 параллели и заполненная молодыми отложениями. Район к северу от этой котловины носит типичный предгорный характер и нарушается лишь отдельными резко выраженными хребтами известняков, а к югу — представляет уже высокогорный ландшафт.

Главные реки северного склона типично эпигенетические, они прорезают известняковые хребты, ограничивающие котловину с севера, и далее уже не имеют притоков. Характер течения и берегов главных рек зависит от материала пород, слагающих их берега. При пересечении ими известняков образуются узкие каньонообразные ущелья, а при встрече с песчаниками и сланцами — широкие, с мягкими очертаниями котловины с ясно выраженными террасами, которые и используются местным населением для орошаемых посевов. Особенно резкими очертаниями отмечаются выходы кремнистых сланцев, выдающиеся из вмещающих их пород. Выходы таких сланцев легко заметны на расстоянии в несколько километров.

Вдоль северного края предгорий, где течение рек несколько ослабевает и начинается область конусов выноса и «живых дельт» — образуются мощные отложения, постепенно подпирающие течение реки и занимающие пространства до нескольких сот квадратных километров, как, например, дельта р. Соха.

Этому процессу особенно способствует то, что при малейшем наличии возможного для орошения пространства, последнее используется целиком, для чего проводится многочисленная система арыков. Сыр-Дарья, протекающая вдоль Алайско-Туркестанского хребта, не получает ни одной капли воды рек, стекающих с него — все расходуется на орошение.

Зеленые, покрытые садами и посевами орошаемые площади резко отличаются от безводных междуречных пространств.

Междуречья пересекаются обычно почти прямыми, похожими на овраги саями, стекающими с известковых хребтов и не выходящими за пределы предгорий. Они почти вовсе лишены ветвистого бассейна и частью наполняются лишь в дождливое время года, а частью по дну их течет непересыхающий ручей, едва достаточный для орошения минимального количества земли. Сланцеватая полоса, проходящая недалеко от подножия гор, образует сильно, но неглубоко расчлененный рельеф, везде проходимый для пешехода, но доступный для лошади лишь по отдельным, немногочисленным тропинкам.

«Амплитуда рельефа» в этой области «адыров»¹ обычно не превышает 200–300 м, но отдельные вершины имеют значительно большую относительную высоту. Абсолютная высота их колеблется от 800 до 1800 м, давая в среднем высоту около 1200–1300 м.

Другой довольно распространенный тип рельефа образуют участки, намеченные на десятиверстке как «Урочище» и представляющие широкие, почти ровные пространства полупустынного типа, но имеющие обычно редкие родники, вокруг которых ютятся люди.

Междуречные пространства почти лишены растительности, а так как орошаемая площадь почти полностью используется под посевы — подножный корм для лошади летом очень редок и на него, как правило, рассчитывать не приходится.

В административном отношении район проходит по границе республик Узбекской ССР и Киргизской ССР, а западная часть его захватывает часть Таджикистана.

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ

Алайско-Туркестанский хребет относится к той южной ветви Тянь-Шаня, которая после основного варисцийского орогенеза, испытала на себе также действие альпийского горообразования. Не вдаваясь в общую характеристику этих циклов орогенеза, постараемся лишь осветить тектонические движения, имевшие место в районе, непосредственно нас интересующем.

Следы Каледонской складчатости, хотя и указываются некоторыми авторами для данного района, но не наблюдаются с достаточной ясностью.

Варисцийская складчатость является основной для этой горной системы. Проявления ее шли в несколько фаз и начинаются на грани нижнего и среднего карбона, получая максимальное развитие в самом конце палеозоя.

Для этой орогении типично мощное смятие, часто дающее надвиги по пологим плоскостям с юга на север.

Далее мы имеем длительный период интенсивной эрозии с небольшими эпейрогенетическими движениями, обуславливающими положение береговой линии в мезозое и низах кайнозоя. Следующей орогенией считается постплиоценовая.

Это горообразование, столь мощно выразившееся на юге в поднятии Памирской горной системы, до нашего района дошло сильно ослабленным. Преобладающий тип дислокации этого возраста здесь выражен флексуорообразными складками и многочисленными сбросовыми явлениями.

¹ Так называют здесь сильно размытые предгорья с крутым рельефом.

Незначительные движения мы наблюдаем и после окончания основной орогении, вплоть до настоящего времени.

В результате этих двух крупных фаз горообразования мы получаем резко выраженный широтный характер всей тектоники района, хотя эта картина и усложняется несколько не полным совпадением простираения палеозойских и более молодых пород, причем разногласие их достигает 30°.

Ферганская котловина, в центральной своей части заполненная лессовыми отложениями, с юга окаймлена мощным поясом пролювиальных и неогеновых конгломератов. Далее следует сравнительно неширокая полоса мезозойских отложений, налегающих обычно по сбросу на сильно дислоцированный палеозой. Палеозойская толща резко отличается от спокойно залегающего мезозоя. Она сильно перемята и метаморфизирована.

Древнейшими отложениями района считаются кембрийские.

Кембрий, с фауной, определяемой как средне-кембрийская, найден лишь в одном месте — около урочища Шоды-Мир. Там он представлен мелкозернистыми песчаниками и сланцами с линзами черных известняков малой мощности. И.Комишан, работавший на правом берегу р. Испайрам в районе горы Кара-Чагыр, склонен относить кремнистые сланцы, слагающие гору, к более древнему (кембрий) возрасту, чем окружающие глинистые сланцы, относящиеся к верхнему силуру.

Сланцевая свита, относимая к нижнему, ближе неопределенному палеозою, имеет широчайшее распространение и наиболее трудно поддается изучению. В более ранних работах большую часть этой немой толщи довольно определенно относили к верхнему силуру, но находка кембрия в этом районе, также сланцево-песчаного, заставляет В.Вебера воздержаться от определенного мнения по этому вопросу. Песчано-сланцевая, также немая, свита верхнего палеозоя хотя далеко не всегда, но все же может быть выделена вследствие большей песчаности, более грубой плитчатости и меньшей дислокации слоев. Кремнистые сланцы, распространенные в нижней толще, отсутствуют в верхней, конгломераты которой содержат лишь черную кремнистую гальку. Известняки, встречающиеся линзами среди сланцев, обычно содержат лишь членики криноидей, также не позволяющие точно определить возраст свиты.

Силур охарактеризован фауной как верхний, представлен мощными известняками и также мощной сланцевой толщей. Сланцы содержат граптолиты, но нами они найдены не были. Соотношение сланцевой толщи с известняками неясно, так как контакты между ними обычно тектонического характера. Другой тип известняков представляет небольшие линзы с фауной брахиопод и кораллов среди сланцевой толщи.

На одном из разрезов — Матчайском — можно выделить даже отдельные горизонты верхнего силура, где суммарная мощность его определяется в 2,240 м.

Среди этих сланцев четко расположены отдельные небольшие линзы известняков, сильно перекристаллизованных и литологически не отличных от верхне-силурийских. Они обычно не содержат никаких ископаемых, кроме редких члеников криноидей. Часто обогащены углистым веществом и приобретают серый, до темно-серого цвет. Несколько расположенных по простиранию линзочек известняков не могут быть точно увязаны стратиграфически с другой аналогичной цепочкой, расположенной в другом районе, из-за сильных тектонических нарушений сланцевой толщи и отсутствия руководящего горизонта. Можно предположить разновременность их отложения в различных частях толщи.

Глыбы известняка часто залегают экзотически на размытой поверхности сланцев, производя впечатление спроектированных.

Кремнистые сланцы также залегают в виде отдельных островков-линз, чаще по соседству с углистыми сланцами.

Возрастное положение их в пределах толщи также неопределенно, как и известняков, но вероятнее предположить более или менее один горизонт их распространения. Литологически это плотная, серая или черная порода типа фтанита или лидита. Иногда она дает совершенно однородные матово-черные поверхности излома, а иногда представляется в виде отдельных черных остроугольных частиц, заключенных в сером, также окварцованном веществе, как бы представляя род брекчий.

В некоторых случаях заметна слоистость сланца, и тогда видно, что он чрезвычайно сильно смят в многочисленные складки и перебит сбросами. Последнее видно и без слоистости, так как даже небольшая относительно глыба всегда разбита на несколько отдельных частей с прекрасно отполированным зеркалом сброса. По мелким трещинкам всегда есть выделения молочного кварца, секущие глыбу по разным направлениям. В шлифе обычно видна однородная серая или черная от углистых частиц глинистая масса, пропитанная мельчайшими кристалликами кварца. В сером кремнистом сланце часто видна слоистость, сопровождаемая микро-тектоникой. Обычны линзообразные выделения более крупно кристаллического кварца и мелкие трещинки, заполненные железистым веществом или различными модификациями кварца. Наблюдаются редкие кубики псевдоморфоз лимонита по пириту. Очень редко отдельные участки шлифа обогащены кальцитом, как в виде первичного порообразующего, так и в виде секущих породу жил.

Угловатые (обычно треугольные) черные, обогащенные углеродом кусочки видны и под микроскопом — происхождение их не совсем ясно.

Интересны формы окремнения сланцев.

Рис. 2 (х 40, николи –) показывает проникновение опалового геля в породу. Здесь ясно различимы две фазы окремнения — первая характеризуется равномерным распределением кремнекислоты в породе, имеющей мелкокристаллическое сложение (при неполяризованном свете кристалличность основной массы заметна по точечным скреплениям углекислых остатков). Вторая определяется миграцией водной кремнекислоты (опала) и проникновением ее в слепую трещину. Видна периодичность в движении коллоида с образованием колец Лизеганга². Полосчатая часть представляет опал уже раскристаллизовавшийся в халцедон, в то время как центральная часть (более молодая) выполнена еще аморфным опалом.

На следующем рисунке 3 (∞ николи +) мы видим несколько более богатую углеродом основную массу с ясно кристаллическим кварцем и трещину, боковые части которой сложены зональным халцедоном, а центральная — крупнозернистым кварцем.

В дальнейшем при раскристаллизации всего опала и халцедона в кварц мы имеем уже линзочку или жилку крупнозернистого кварца с пигментными частицами, оттесненными к периферии.

При попытке выяснения возраста окремнения необходимо учесть следующие факты.

Крупные сбросы, переходящие широтно в пределах изучаемого района и полосы нижнепалеозойских сланцев проходят совершенно независимо от кремнистых сланцев. Мелкие же тектонические нарушения приобретают как на границе глинистых и кремнистых сланцев, так и в самых кремнистых особую интенсивность. Сейчас линзы сланцев, покрытые зеркалами сбросов, выделяются из глинистых в виде отдельных остатков.

Мощности отдельных линз от 2 до 100 м, при протяжении от 5 до 100 м.

В отдельных случаях (Кара-Таш) гребень кремнистых сланцев тянется по простиранию на несколько километров. Глыбы кремнистой породы залегают на поверхности сланцев часто как не имеющие корней, а спроектированные. Все вышесказанное относится также к известнякам, приуроченным к той же толще. Кремнистые сланцы часто настолько перебиты трещинами, что представляют как бы брекчию — иногда сцементированную вторичной циркуляцией кремневых растворов. Глинистые сланцы вдоль контакта с кремнистыми обычно также представляют брекчию трения или претерпели сильнейшее местное складкообразование.

Такое положение кремнистых сланцев (и известняков) указывает нам на то, что ко времени альпийского горообразования, они представляли из себя вполне сформировавшиеся горные породы, значительно отличавшиеся по твердости от окружающих глинистых сланцев. Они как бы «выжимались» из глинистого материала, причем вполне естественно,

² Еще ближе это строение подходит к «полосчатому» типу агатов, описанному Пилипенко.

что наибольшие (местные) нарушения испытывала именно область соприкосновения этих столь различных по пластическим свойствам пород и в то же время, как глинистые сланцы и известняки лишь сминались в складки, кремнистые породы были раздавлены, местами до брекчии, а чаще лишь перебиты мелкими сбросами.

Нахождение опять-таки уже сформированной кремнистой гальки в верхнем палеозое заставляет относить окремнение к еще более раннему периоду чем верхний карбон, т. е. эпоха вариссийской орогении. С момента отложения сингенетичных сланцам пород и до эпохи среднего карбона мы не знаем перерывов и отступлений моря в этом районе. Таким образом, мы неизбежно приходим к выводу о том, что кремнистые и глинистые сланцы представляют осадки изомезические, т. е. образовавшиеся в одинаковых условиях водной среды.

Относительно способа и источника происхождения кремнистых сланцев вообще было достаточно споров, и мы не имеем материала для категорического утверждения того или иного взгляда.

Однако некоторые материалы, которые могут пролить свет на этот вопрос, мы все-таки имеем. Д.Н.Щербаков ориентировочно указывал на возможность происхождения этих кремнистых сланцев за счет метасоматического замещения известняков кремнекислотой.

Отметим, что следы такого процесса мы наблюдали в шлифе из кремнистого островка в окрестностях к. Туль, где ясно виден разъеденный кальцит, замещаемый кварцем.

Для большинства же кремнистых отложений нам кажется более вероятным предположить процесс не подводного замещения, а первичного отложения кремнистых осадков, совместно с глинистыми и углистыми. Среди многочисленных шлифов кремнистого сланца, которые мы просмотрели, надеясь найти микрофауну и определить возраст породы, мы наткнулись на сильно растворенные остатки простейших, которые В.П.Масловым были признаны за неопределимые остатки радиолярий. В некоторых шлифах мы видим среди очень темной углистой массы отдельные светлые шарообразные частицы, заполненные опалом и определенные как следы уже растворенных раковин.

Среди кремнистых пород нам известен и другой тип органических остатков. Это шаровидные черные, окрашенные углистым веществом тельца, расположенные на светлом глинисто-кремнистом фоне. Вероятнее всего, этот процесс можно объяснить лишь следами существования мельчайших организмов на дне силурийского моря.

Сравнительно небольшое количество сохранившихся следов органической жизни не должно смущать нас, так как Я.В.Самойлов и Г.В.Рожкова, совершенно определенно указывают на легкую растворимость раковин Radiolaria, которые обычно сохраняются целиком лишь в самых молодых отложениях.

Итак, пропитывание глинистых сланцев аморфной кремнекислотой, происходящей из того же бассейна, в котором отложилось первоначальное вещество породы, началось диагенетически с момента ее образования и не вполне еще закончилось даже в настоящее время, так как мы наблюдаем еще по трещинкам легко подвижный, мигрирующий опал.

Что касается до фациальных условий, в которых отлагались эти сланцевые толщи — то единства мнений нет и по этому вопросу. Часть исследователей считает их за сравнительно глубоководные отложения, другая — указывая на присутствие углекислых прослоек и сероводородную среду — причисляет их к лагунному типу.

В заключение затронем общие вопросы геохимии Алайского хребта. Соответственно сложной геологической истории, которую переживала Южная Фергана, мы имеем несколько геохимических циклов, накладывающихся один на другой. В зависимости от столь ярко выраженной в Алайско-Туркестанском хребте широтной тектоники намечается зональность минеральных образований. Большая часть минеральных месторождений расположена широтными полосами, следуя за простираем горных пород и тектонических элементов.

Так, в верховьях речных артерий, пересекающих полосу нашего района с юга на север, встречаются кислые глубинные породы с высокотемпературной минерализацией (пегматиты с касситеритом, турмалином, бериллом и т. д.). К северу от них, в полосе, где периферические части магматических интрузий глубоко скрыты под покровом палеозоя, проходит широтная полоса рудных месторождений с типичной эпитермальной ассоциацией Sb_2S_3 , HgS , CaF_2 . Такой же широтной зональности подчинены и полиметаллы, и накопления ванадия в форме коловратитов, и углеродные концентрации юрских углей и нефти южной окраины Ферганской долины.

Распространение столь различных по генезису минералов указывает на связь между накоплениями данных элементов и возрастом минералообразований, связанных с геохимическими соотношениями данной эпохи.

Д.И.Щербаков намечает, по крайней мере, четыре возрастных цикла минералообразования: первый — связанный с эпохой варисийской складчатости, второй — с меловыми и третичными морями и диагенезом их осадков, третий — с альпийскими дислокациями и четвертый — с фреатическими водами и гипергенными процессами четвертичного времени.

Наиболее древними он считает минералы, приуроченные к верхнесилурийским подводным излияниям, выраженным основными породами. Одна из крупных полос этих пород проходит от могильника Ходжи-Гаир, мимо сел. Уч-Курган, пересекая р. Испайран к югу от селения и продолжаясь с некоторыми перерывами на запад от устья сел. Сары-Камыш (верст 10 не доходя до р. Соха). В этих породах встречаются миндалевидные пустоты с

хлоритом, кальцитом и медными соединениями. При метаморфизации этих древних лав образуется змеевик, местами содержащий жилки асбеста.

С диоритовыми интрузиями верхне-карбонового или несколько более позднего возраста связаны пегматиты, «контактные поля и гидротермальные жилы, с рядом сульфидов и типичными скарнами» вне пределов описываемого района. Интрузиями этого возраста сложены также горы Кара-Тау, очень бедные минерализацией.

Несколько неясна генетическая связь полиметаллического месторождения около кишлака Кан (Джар-Данасы) и жил со свинцовым блеском и блеклой сурмянистой рудой с интрузиями этого возраста.

К более молодому циклу термальных процессов относятся месторождения сурьмяного блеска, киновари и флюорита, приуроченные к зонам широтных разломов альпийского, по-видимому, возраста. Оруденелыми здесь бывают обычно окремнелые брекчии, лежащие в зоне тектонического налегания сланцев и песчаников на кристаллические известняки, подвергшиеся пропитыванию термальными источниками.

Из чисто осадочных образований укажем на юрские угли, меловой гипс и третичную нефть, характеризующие эти породы на большом протяжении.

С теплыми водами новейшего времени связано образование Тюя-Муюнского урано-ванадиевого месторождения, на генезисе которого мы остановимся ниже.

Современные геохимические процессы, протекающие в Южной Фергане, очень своеобразны и интересны. В пределах изучаемого нами района горячие источники не известны, и поэтому все процессы, идущие сейчас, надо отнести к категории гипергенных. Они слагаются из нескольких основных факторов: сильной инсоляции, малого количества почвенной и атмосферной влаги и резко-континентального климата.

Все это приводит к весьма своеобразным процессам пустынного типа и накоплению легко растворимых солей в верхних частях горных пород, образованию всевозможных корочек и загаров, обусловленных поднятием капиллярных растворов к поверхности.

Особенно энергично протекают эти процессы на черной поверхности кремнистых сланцев, приобретающей под влиянием инсоляции температуры порядка 70° С по нашим измерениям, т. е. температуру вполне сравнимую с температурой типичных гидротермальных вод в поверхностных зонах. Интересно отметить, что целый ряд элементов, сравнительно неподвижных в обычных условиях поверхностной зоны земной коры, в этих условиях начинает легко мигрировать.

Другой интересной особенностью, связанной с климатом, является почти полное отсутствие почвообразования, связанного с деятельностью растительных и животных организмов.

С поразительной скоростью действуют агенты физического выветривания, которое проявляется в сильной трещиноватости пород под воздействием резких перемен температуры и распространенности типичнейших форм выдувания в виде ниш и пещер неправильной формы.

ОПИСАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Ввиду большого сходства всех известных нам точек выхода коловратитов, мы считаем более целесообразным выделить минералого-химическую часть из общего описания месторождений и дать ее для района в общем. Переходим к описанию отдельных точек.

1. **Кара Чагыр.** Найден и обстоятельно описан И.А.Преображенским [26]. Самая восточная из точек, посещенных нами. Находится на правом берегу Испайрана, в 4-х км выше сел. Уч-Курган немного выше к. Валякиш, против к. Альш. Местные киргизы сейчас названия Кара-Чагыр не знают, но знают сай Ходжа-Уруштан (пересекающий кремнистые сланцы) и мазар Рушной-мазар, находящийся несколько восточнее.

Найти кремнистые сланцы легче всего по разрезу: высокий, издали заметный хребет девонских известняков Боорды (чуть выше к. Альш) к северу ограничивается красной толщей мезозойских отложений небольшой мощности. Овраг, проходящий по северному контакту мезозоя с палеозойскими сланцами, ведет к ныне заброшенной «французской угольной копи». Следующий к северу маленький овражек и называется Ходжа-Уруштан, а горка, сложенная кремнистыми сланцами — Кара Чагыр. Расстояние между северным подножием г. Боорды и Кара-Чагыром не более 0,5 км. Здесь среди глинистых, углистых сланцев и песчаников выступает гряда кремнистых сланцев, вытянутая с запада на восток. Длина выхода около 450 м, наибольшая ширина приблизительно в середине 80 м. Высшая точка выхода имеет абсолютную высоту 1341 м и находится в восточном конце горки. К западу Кара-Чагыр понижается и обрывается в долину Испайрана. С южной стороны проходит узкое ущелье Ходжа-Уруштан, вершина которого упирается в кремнистые сланцы, образуя здесь обрыв, метров 15 высотой.

Кремнистые сланцы переходят здесь на другую сторону ущелья, образуя как бы плотину через сай. Верхняя часть долины сая имеет расширение и заполнена новейшими отложениями. По Преображенскому, в этой серии сланцев имеется такая последовательность: в основании черные углистые сланцы, серые глинистые сланцы с отдельными линзами песчаников. Кверху сланцы содержат больше песчанистых линз, которые несогласно перекрываются на вершинках гор молодыми конгломератами. Издали Кара-Чагыр представляется сложенными согласно падающими на север под углом около 45–

50° слоями, но более подробное изучение убеждает, что тектоника здесь гораздо сложнее. По И.Комишану [13], мы имеем здесь сильно пережатую антиклиналь с кремнистыми сланцами в ядре ее.

При таком толковании строения Кара-Чагыра он относит кремнистые сланцы уже не к верхне-силурийскому, а к кембрийскому возрасту. Картина дислокации сильно усложнена многочисленными мелкими сбросами, секущими гору по разным направлениям, сильно развитыми отдельностями в сланцах и вторичной сланцеватостью (кливажем) их. Кремнистые сланцы в массе состоят из темно-серой трещиноватой породы, уже описанного выше типа. Выветривание этой породы происходит весьма медленно, и склоны горы покрыты остроугольными кусками различной величины. Наибольшая трещиноватость породы приурочена к южному склону Кара-Чагыра. Глинистые сланцы местами из серых переходят в красно-бурые, обогащаясь лимонитом.

В кремнистых сланцах также встречаются отдельные жилки, выполненные красной окисью железа.

Наибольшее развитие минерализация достигает в южном склоне горки, неподалеку от водопада сая Ходжа-Уруштан, летом сухого, около копушки №8 (по Преображенскому: зеленовато-желтые выцветы и натеки издавна привлекали внимание местных жителей, искавших там медные руды). Нам кажется более вероятным назначение этих копушек как поисковых на бирюзу.

Это месторождение посещалось многочисленными исследователями, из которых И.Д.Курбатов [14, 15, 16, 17], занимаясь анализом Кара-Чагырских минералов, выделил несколько новых ванадатов.

В 1923 г. производилась разведка этого месторождения горы инж. Поповым. Для этой цели им была заложена штольня в самой обещающей части кремнистых сланцев, но оказалось, что вся минерализация с глубиной исчезает и, следовательно, промышленного значения Кара-Чагыр иметь не может.

Сланцы между реками Испайрамом и Шахимарданом, по наблюдениям Преображенского, кремнистых сланцев с активными минералами не содержат. Из Вуадила нами были сделаны два небольших маршрута по направлению к западу и найдены лишь несколько едва выдающихся выходов кремнистых сланцев, в непосредственной близости от западного конца полосы глинистых сланцев. Там, по правому склону маленького окражка, обнажается несколько кремнистых глыб серого цвета с общим простиранием на юго-восток, угол около 120°. Глыбы по мощности не превышают 20 м, а в длину не более 30 м. Песчанистый сланец неподалеку от кремнистого густо прорезан кварцевыми прожилками различных простираний секущих друг друга. Есть сплошь окремненные разности песчаника.

Кремнистый сланец покрыт густым пустынным загаром, желтых ванадиевых примазок не содержит. Изредка встречаются желто-бурые, без ванадия.

2. **Кадам-Джай*** — описывается впервые (см. рис. 4). Кадам-Джайский сурьмяной рудник находится в 6 км от сел. Вуадиль и в 30 км от Ферганы, вверх по Шахимардану, по хорошей автомобильной дороге.

Название он получил по имени известного мазара Кадам-Джай («Ступни-след»), расположенного неподалеку. Известняковый хребет, составляющий западное продолжение г. Боорды, тектонически уходящий под глинистые сланцы несколько западнее р. Шахимардан, в контакте содержит окремнелую брекчию с антимонитом.

Рудничный поселок расположен в основной долине Шахимардана, неподалеку от ущелья, прорезающего известняки, а самый рудник находится в небольшом овражке, впадающем в Шахимардан.

К северу от рудника, на противоположном берегу сая, против самих выработок проходит узкая длинная линза кремнистых сланцев на высоте 60–70 м над дорогой. Они, как и обычно, выдаются резким черным гребнем, идущим вдоль простирания пород. Глинистые сланцы содержат в себе песчанистые линзы, а судя по осыпи, и прослойки углистого типа. Кремнистые сланцы резко очерчены, по контакту с ними брекчия трения. Они черные, с кварцевыми прожилками, и разбиты трещинками скольжения, падают на север под углом в 30–40°. Глинистые сланцы сильно смяты, особенно к югу по другую сторону сая, и пронизаны кое-где белыми жилками кварца. Минерализация исключительно с южной стороны, линзы кремнистых сланцев, с типичными пленками желтого аморфного минерала.

3. **Анхор*** — точка открыта Богословским в 1916 г., краткое описание дал Д.И.Щербаков в 1928 г. [42]. Примерно с километр не доезжая из Вуадила до рудничного поселка, видна тропинка, идущая по дну сухого сая направо. Устье этого сая Анхора выходит к Шахимардану немного далее горы с мазаром и триангуляционной вышкой. Сай течет с юго-запада на северо-восток. В 7–8 км от устья Анхора, в 150 м от тропы, идущей по дну сая, выход кремнистых сланцев на левом берегу его. Это место хорошо заметно по мазару, стоящему неподалеку от устья небольшого сухого левого притока Анхора. Дорога идет по речному руслу среди глинистых сланцев с редкими углистыми и песчанистыми прослойками. К западу сланцы делаются несколько более песчанистыми, а за островком

* Звездочкой отмечаются месторождения, имеющие слабую коловратитовую минерализацию.

кремнистого сланца довольно скоро уходят под девонские известняки. Таким образом, кремнистые сланцы залегают здесь к верхней части ниже-палеозойской толщи сланцев.

В одной из небольших линз мелкого конгломерата, на полпути к устью обнаружены небольшие примазки медной зелени.

Окружающие коловратиты глинисто-песчанистые сланцы желтоватого цвета, содержат несколько глинисто-углистых линз. Между такими линзами лежит островок кремнистых сланцев (рис. 5), составленный двумя выходами. Восточный из них невелик и беден минерализацией, хотя коловратиты найдены и там. Более западный несколько больше — до 100 м длиной, свыше 10 м высотой. Общее впечатление падения слоев к северу под углом 50–60°, но все породы сильно перемяты. Кремнистый сланец темный, пронизан кварцевыми прожилками. На глинистый налегает по плоскости скольжения, производя впечатление экзотических глыб. Брекчия трения из глинистого сланца достигает 1 м мощности.

Наибольшая минерализация обнаружена с южной стороны кремнистого сланца, на контакте с глинистым. Там имеется довольно широкая нора дикообраза в брекчии трения, в которую удалось проникнуть метра на 3 в глубину. Там обнаружены желтые натёки. Другие участки минерализации значительно слабее. С северной стороны линзы желтых минералов не обнаружено. У нижней части кремнистых сланцев проходит с северной стороны трещина, вдоль контакта с их глинистыми сланцами. Там на некоторой глубине видно много ярко-желтых точек, которые по рассмотрении оказались лишайниками.

Западнее кремнистые сланцы переходят в окремненный песчаник, и самый западный выход в главной своей части состоит из плотного сливного кварцита.

4. Уч-Куль* — овраг Уч-Куль это первый крупный сай к западу от Шахимардана. В низовьях его широко развиты мезозой и порфириды. Далее к югу идет мощная толща песчанистого верхнего палеозоя. По руслу сая встречается кремнистая галька. В самых верховьях второго (от верха) левого притока Уч-Куля есть три мелких утеса кремнистых сланцев, на запад от которых уже видны выходы сланцев правобережья Кара-Танге. В них слабые налеты ванадатов.

5. Кара-Танге — небольшой сай, протекающий между Уч-Куль и Киан-Кулем. У восточного хвоста Кара-Танге, подходящего своей вершиной к точке №4, по правому берегу первого правого притока есть крупный выход черных кремнистых сланцев. Обильные выделения коловратитовых корочек имеются на более нижнем и на западном (со стороны, обращенной к югу) из них.

6. **Кара-Танге.** Через небольшой сай от точки №5 к западу начинается сплошная гряда черных кремнистых сланцев. Сай, прорезающий ее, образует узкое ущелье, которое собственно и носит имя Кара-Танге — черное ущелье. По правому берегу гряда имеет сравнительно меньшую обнаженность, чем по левому. Вся гряда сильно перебита мелкими трещинками, но где сохранились следы слоистости, они показывают падение на юг в 35–40°.

С южной стороны гряды обычны выходы коловратитов, по типу напоминающие Кара-Чагыр.

7. **Кара-Танге.** На левом берегу сая Кара-Танге линза сланцев образует мощную гряду, протяжением около 1 км.

Из сая Уч-Куль туда удобнее всего проехать по конной тропинке, поворачивающей из сая Уч-Куль, по одному из левых притоков его, около Мазара на запад. Тропинка выходит в сай Кара-Танге, в 1 км ниже гряды кремнистых сланцев. Гряда сложена черными и серыми, с отдельными угловатыми черными остатками, сланцами. Простирается гряда В-270°, падение поверхностей (отдельности или сланцеватости) с частыми зеркалами сбросов по ним, южное под углом от 40 до 60°. Мощность гряды кремнистых сланцев не менее 50 м. Вдоль южного склона этой гряды по трещинам, особенно в нишах выдувания, желтые и зеленовато-желтые натеки и пленки. Прямо под саям Кара-Танге в срединной части кремнистых сланцев есть небольшая тектоническая пещерка, стенки которой и потолок покрыты богатыми медными и ванадиевыми натеками. К западу мощность гряды уменьшается и пропорционально уменьшается интенсивность минералообразования (см. рис. 6). У западного конца гряда представлена отдельными перепиленными островками, а крупный левый приток Кара-Танге и вовсе размывает ее. Следующий выход кремнистых сланцев виден почти на водоразделе Кара-Танге и Киан-Куля.

8. **Киан-Куль** (см. рис. 7). Выход обнаружен М.Г.Богословским в 1916 г., описан Д.И.Щербаковым [42]. Овраг Киан-Куль, стекающий с известкового хребта Катран-Тау, выходит своим устьем в лессовую равнину Ферганской котловины в 20 км к юго-западу с нефтяного промысла Чимион. Если подниматься по саю вверх, то проезжаешь кишлак Тилля-бай-курган, а затем зимовку Шунк, намеченную на десятиверстке как Шунк-Мазар. Несколько выше сай разделяется на два отвалка, восточный из которых носит название Ходжа-Карим, где есть небольшая зимовка того же имени.

Между кишлаком и устьем сая Ходжа-Карим, по правому берегу его виден небольшой утес кремнистых сланцев, который является западной оконечностью крупной Кара-Ташской гряды кремнистых сланцев.

От устья Киан-Куля эта гряда стоит примерно километров на 10 вверх по саю.

Она представляет собой широтный гребень, отклоняющийся несколько к юго-востоку, длиной свыше 2 км, наивысшая точка которого превышает, по данным Щербакова, дно оврага Ходжа-Карим на 400 м. Гребень сложен кремнистыми, местами углистыми сланцами обычного типа. По Щербакову, этот гребень представляет антиклиналь, сильно размытую и перебитую сбросами; из-за этого гряда имеет вид как бы сланцевого острова, на котором лежат (как на гребне, так и на склонах) большие глыбы кремнистых сланцев. У нас нет данных утверждать именно такое строение гребня Кара-Таш.

В западной части гребень оканчивается рядом изолированных глыб, которые тянутся на расстоянии около 1 км до самого Ходжа-Каримского оврага. На левый берег оврага кремнистые сланцы не переходят. К востоку гребень очень значительно увеличивается в мощности, достигая максимума немного не доходя до водораздела с Кара-Танге. Несколько мелких саев отделяют здесь от гребня отдельные небольшие островки кремнистых сланцев.

Вся гряда залегает в глинистых сланцах, к северу переходящих в песчаники. Неподалеку от южного конца гряды имеются отдельные небольшие линзочки известняков, не содержащих фауны. С целью выяснения геохимических соотношений отдельных пород, слагающих данный участок, нами был сделан здесь профиль (см. рис. 8), меридионально пересекающий богато минерализованный западный островок кремнистых сланцев. Приведем его полностью (с юга на север).

После аллювиальных отложений овражка следует:

1. Крупнозернистый песчаник, мощностью около 5 м.
2. Глинистый сланец, слоистый, слабо известковистый В-3 270° простирание, падение под углом 65° к северу, мощность около 5 м.
3. Охристый, рыжий глинистый сланец, слегка известковистый, залегание то же, мощностью около 5 м.
4. Глинистый сланец более песчанистый, буроватый. Простирание то же, падение из-за местного смятия почти под углом 70° .
5. Глинистый сланец серый, «графитистый», сильно листоватый, залегание то же, мощностью 8 м.
6. Глинистый сланец, похожий на №3. Простирание то же, падение 45° , мощность 9–10 м.

7. Песчано-глинистый сланец. Падение к северу, под углом 45° , мощность 6 м.
8. Глинистый сланец серый, зеленоватый. Падение около 50° , мощность 1 м. Встречаются ржаво-бурые налеты и выцветы.
9. Ожелезненная полоса глинистого сланца у контакта с кремнистым. Через 1 м начинается зона сильной складчатости в виде лежачей складки, обращенной выпуклостью на юго-восток.
10. Самый нижний горизонт кремнистого сланца. Простирается 275° , падение к северу, угол 50° . Встречены кварцевые прожилки и желтые ванадиевые налеты.
11. Через 2–3 м. Брекчиевидный сланец из зоны смятия. В этой же зоне наиболее интенсивны желтые ванадиевые и голубоватые медистые примазки. Мощность около 5 м.
12. Кремнистый сланец на вершине горки, не содержащий налетов.
13. Кремнистый сланец на северной стороне горки — падение не ясно.
14. Глинистый сланец буро-малиновый, у края кремнистого сланца. Мощность около 3 м.
15. Глинистый сланец охристый, рыжий. Простирается 250° , падение юго-западное, угол 50° , мощность 8–9 м.
16. Глинистый сланец листоватый «графитистый». Сильно перемят, с развитым кливажем. Мощность 6–7 м.
17. Песчанистый сланец.
18. Углисто-глинистый сланец, не пачкающий пальцев. Содержит железистые желтоватые выцветы. Мощность около 5 м.
19. Кремнистый сланец, менее темный, чем основной. Линза около 1–2 м в поперечнике. Простирается 275° на голове.
20. Песчаник, переходящий в серый с мелкими прожилками кварца СВ угол 45° . Простирается 285° .
21. Однородная толща песчаника серо-бурого с редкими пачками глинистого сланца, из которого сложен большой северный массив. Простирается около 270° , падение к северу, угол 45° .

Известняки, обнажающиеся с южной стороны овражка, также залегают согласно общему падению сланцев, что заставляет определять их не как останцы какого либо размытого покрова, а как линзы, подчиненные всей сланцевой свите.

Под микроскопом во многих слоях песчаника обнаружены псевдоморфозы лимонита по пириту и прожилки кальцита.

Кианкульский западный и восточный выхода коловратитов относятся к самым богатым, особенно последний.

В восточном выходе кремнистых сланцев можно отметить свыше десятка точек с проявлениями коловратитовой минерализации. Одна из них, находящаяся около самого глубокого развилка Ходжа-Карима, особенно обильна и содержит даже кристаллический желто-зеленый минерал и большое количество зеленых корочек с никелем и медью.

Другая интересная точка находится в самом западном островке кремнистых сланцев, на берегу оврага Ходжа-Карим.

Здесь Д.И.Щербаков, кроме интенсивного ванадиевого оруднения, отмечает также щеточки кристалликов медово-желтого барита по трещинам кремнистого сланца.

Кианкульское (Кара-Ташское) месторождение коловратитов по силе оруденения можно смело сопоставить с Кара-Чагыром, а если учесть, что в то время как на Кара-Чагыре вся минерализация сосредоточена в одном участке, а здесь распространяется на значительное расстояние, то впечатление получается более выгодное.

9. Сары-Камыш * — Точка найдена И.А.Преображенским. Если идти из сая Киан-Куль в сай Сары-Камыш по тропинке, отходящей с полкилометра выше мазара, то можно ясно видеть адырный рельеф, занимающий все пространство между Киан-Кулем и Сары-Камышем. На этом небольшом сравнительно участке проходит свыше семи слоев, почти лишенных ветвистого бассейна и параллельных друг другу. С высоты хорошо видна замытая поверхность глинистых сланцев с отдельными островками известняков.

Сай Сары-Камыш устьем своим выходит на безводную равнину и теряется в ней, несмотря на то, что он протекает всего в восьми километрах от такой мощной реки, как Сох.

Это объясняется частично тектоникой местности, а частично мощным развитием конуса выноса Соха, все время оттесняющего в стороны реки, текущие поблизости.

В верхнем течении Сары-Камыша, неподалеку от того места, куда выводит южная тропинка из Киан-Куля, на левом берегу сая, немного выше небольшой зимовки, проходит несколько островков кремнистого сланца, мощностью около 5 м и общим простиранием В-С-В.

Падение их направлено к югу, они покрыты сильным пустынным загаром и лишены свежих изломов с южной стороны. Ванадиевых примазок на них не найдено.

Другой выход кремнистых сланцев находится в нижней части сая, немного выше зимовки Сары-Камыш нижней, уже на виду мезозоя левого берега сая. На правом берегу оврага выходит небольшой островок кремнистых сланцев среди желтовато-серых и зеленоватых глинистых.

Неподалеку есть выход углистых сланцев с желтыми, мучнистыми примазками на нем, не содержащими ванадия. С юга примыкают песчанистые и глинистые сланцы с известняком, местами окремненным.

Глыбы известняка лежат без видимых корней на размытой поверхности глинистых сланцев. В последних много гипса и выцветы $MgSO_4$. Кремнистые сланцы стоят на голове, простираение их около 294° С-З. Далее по этому же (приблизительно) направлению идет целый ряд отдельных кремнистых, обычного типа, островков.

Некоторые из них с южной стороны содержат небольшие примазки желто-зеленого цвета и бедные ванадиевые натски. В осыпи найден небольшой кусочек с полувыветрелыми зеленоватожелтыми кристалликами типа Киан-Кульского минерала. На большинстве островков желто-бурые пленки, не содержащие ванадия.

10. Туль* . — Обе точки описаны Преображенским.

Единственный мост через р. Сох, на левом берегу которой находится выход кремнистых сланцев, перекинут около кишл. Сох. Дорога вдоль левого берега Соха от кишл. Сох до кишл. Туль представляет собой узенькую тропинку, едва проходимую для навьюченной лошади.

На расстоянии часа пути по левому берегу реки Сох вверх от кишлака Туль, прямо под конгломератами речной террасы выступает небольшой островок кремнистых сланцев среди глинистых сланцев и песчаников.

Кремнистые сланцы вполне обычного типа, сильно перемятыю Простираение поэтому возможно заметить лишь по простираению окружающих глинистых сланцев. Сланцы стоят почти на голове, с протиранием С-З около $280-285^\circ$.

Через маленький овражек, к С-З видны еще два небольших выхода кремнистых сланцев и линзы глинисто-углистого.

Контакт глинистых сланцев с кремнистыми везде носит следы местных вертикальных передвижек. На макушке главного выхода корочки хризоколлы и небольшое количество коловратитов. Коловратиты встречены также в осыпи восточного склона горки и, главным образом, по южному. Тонкие пленки их бедны и сравнительно редки, преобладает хризоколла.

11. Туль* . Северо-западнее первого выхода кремнистых сланцев есть еще кремнистый островок, который проще всего найти так: у верхнего края кишлака Туль, против последних красных выходов мезозоя на правом берегу р. Сох, имеется на левом берегу Соха широкая долина безводного притока, по которому идет тропинка на Исфару. Устье этой долины

заметно по высокой горе на северном берегу ее, основание которой сложено черными сланцами, а вершинка известняком, осыпи которого производят впечатление настоящих ледников.

Выход кремнистых сланцев находится в 1–1,5 км к юго-западу по этой долине. Выход имеет около 300 м длины, простирание В-З. Вдоль южной стороны этого островка заметно слабое ванадиевое оруденение в виде тонких желтых пленок и изредка натеков. И.А.Преображенскому оруденелую вдоль трещины полосу удалось проследить почти вдоль всего южного склона, на 210 м длиной. Практически же ничего интересного выход не представляет. Указанный Преображенским выход гранита в 300 м к северо-западу от островка кремнистых сланцев нами не был найден³.

Нахождение этого островка среди новейших отложений речной долины не позволяет выяснить его соотношений с окружающими породами, но можно видеть, что простирание длиной оси этого выхода согласуется с общим простиранием слоев в окружающих коренных породах.

Следующие выходы кремнистых сланцев находятся к югу от кишлака Лякан и расположены в виде целой цепочки небольших выходов по соседству с известняком. Там обнаружены железистые выцветы с небольшими следами ванадатов.

Маленький, совсем размытый выход кремнистых сланцев находится также прямо к югу от этих в русле сая по дороге из кишлака Кара-Токай (на берегу р. Сох) к урочищу Боткан. Никаких примазок там не обнаружено.

12. **Найман**^{*} — По дороге из кишлака Найман (на правом берегу р. Исфары, против к. Сурх) к урочищу Бужун, вдоль склона горы Бужун есть несколько сильно размытых выходов кремнистых сланцев.

Начиная от берега Исфары гряда сланцев идет рядом с красным кремнисто-известковистым песчаником, но затем последний исчезает.

В километре от берега первый выход с зеленым ванадиевым натеком с желтыми точками, с 1,5 км другой и несколько далее — третий.

Все размытые остатки гряды кремнистых сланцев жмутся к южному (левому) краю долины, по которой идет дорога на Бужун и Боткан, т. е. через долину к югу от известкового гребня Бужун.

³ Он не описан и у В.Вебера [5].

13. **Чарку.** На десятиверстке указано два кишлака Чарку: северный из них жители сейчас называют Чар-кишлак. Название Чарку здесь относится только к южному селению. И.А.Преображенским в районе Чарку указывается слабо минерализованная коловратитовая точка и вблизи нее выход кислой жильной породы.

Нами, по-видимому, обнаружены другие точки, а точка Преображенского не найдена.

К западу от кишлака Самаркандек и Сурх проходит широкая широтная долина, заполненная современными отложениями, по которой идет дорога к урочищу Кулан.

В северной части ее проходит несколько небольших хребтиков, сложенных мезозойскими породами.

С севера эта долина ограничивается довольно высоким хребтиком, начинающим поле распространения палеозойских глинисто-песчанистых пород. По южному, примыкающему к долине, склону хребта проходит цепочка разрозненных выходов серых кремнистых сланцев, вытянутая в широтном направлении от дороги Сурх–Кулан. Эта цепочка находится в 0,25 км к северу от дороги.

В некоторых выходах кремнистых островков обнаружены желтые ванадиевые минералы. Один из наиболее крупных утесов кремнистых сланцев, точное положение которого определить очень трудно, содержит довольно значительное количество ванадатов.

Это утес серо-черных кремнистых сланцев длиной около 75 м и высотой 8–10 м, лежащий почти непосредственно севернее высокой гряды окремненного известняка (см. рис. 10 и 11).

В утесе с южной стороны его в ниже выдувания количество желтых примазок и натеков достигает максимума. По-видимому, в этом месте мы имеем не обычную коловратитовую минерализацию, а новый порошковатый ванадиевый минерал.

Вся толща пластов круто падает к югу. Кремнистые сланцы, как и обычно, носят следы мелких тектонических движений и имеют хорошо отполированные зеркала сброса. Через эту точку нами был проведен детальный геологический профиль, описание которого мы даем.

Разрез составлен в меридиональном направлении, вкрест простирания слоев, с схематическим вертикальным масштабом и упрощением чертежа.

О севера на юг (сверху вниз по напластованию):

1. Слоистые, сильно песчанистые известняки, падающие на С под углом 45°.
2. Серо-зеленые глинистые сланцы, мощность 10 м.
3. Известняк, мощность 18 м.

4. Крупнозернистый зеленоватый песчаник, грубо-слоистый, переходящий в конгломерат с черной галькой. Простирается согласно предыдущим В-3 70° , падение 80° к северу.
5. Крупнозернистый, красноватый песчаник, тождественный №4, но другого оттенка. Залегают оба песчаника в виде резко выраженных, быстро выклинивающихся по простиранию линз. Крепче окружающих пород и поэтому выделяется из них в виде невысокого хребтика. С южной стороны характерные ниши и пещерки выдувания.
6. Мелкозернистый, слюдястый, песчанистый сланец с прослойками более плитчатых мелкозернистых песчаников. Простирается 90° , падение к северу под углом 65° .
7. Серо-зеленая свита, состоящая из глинистого сланца с прослойками песчаника. Отдельные прослойки мощностью до 0,25 м, конгломератовидны с черной роговиковой галькой.
8. Красноватые песчаники с глинистыми прослойками. Местами песчаники переходят в мелкий конгломерат с черной галькой. На песчанике корочки гипса и кальцита.
9. Серо-зеленые глинистые сланцы, листоватые с линзами песчаника и углистых сланцев.
10. В нижнем горизонте этой свиты торчит утес кремнистых сланцев серо-черного цвета. К востоку линза исчезает очень быстро, к западу быстро выклинивается, но продолжается в виде отдельных мелких, сильно размытых островков, следующих друг за другом с перерывами до 300 м. Много западнее есть опять сравнительно крупный выход кремнистых сланцев и там также есть ванадиевые минералы и бирюза.
Глыба кремнистых сланцев массивна и слоистости в ней не чувствуется.
11. Далее опять идет красноватый, крупнозернистый песчаник с конгломератом среди глинистого сланца, мощностью около 10 м.
12. Торчащий стеной красноватый окремненный известковистый песчаник с прожилками кварца и выцветами медной зелени.
13. Ниже этой выдающейся гряды виден небольшой выход порфирита, сильно измененного, залегающего жилами, секущими окружающие осадочные породы.
14. Серая, метаморфизированная, рассланцеванная глинисто-песчанистая толща небольшой мощности.

15. Светло-серый, темнеющий по направлению к югу кремнистый сланец.
16. Красные глинистые охристые породы, мощностью около 10 м, отдельные прослои их состоят из очень плотного бурого железняка.
17. Сильно окремненный известковистый песчаник. Местами между 16 и 17 слоями появляются линзы серо-зеленных глинистых сланцев.
18. Серо-черный кремнистый сланец, покрывающийся мезозойскими отложениями.

Такое явное чередование слоев с кремнистыми сланцами наблюдалось нами только на этом разрезе и не может считаться типичным. Ванадаты встречены лишь в одном из прослоев — наиболее крупном. Вдоль контакта с порфиритами никакой метаморфизации окружающих пород не замечается.

Желтые примазки ванадатов найдены еще в одном из выходов кремнистых сланцев, к западу от этого, уже неподалеку от месторождения бирюзы.

В нескольких километрах западнее, на протяжении той же гряды кремнистых сланцев, неподалеку от западного конца палеозоя, уходящего под мезозойские отложения, есть месторождение бирюзы. Палеозой оканчивается двумя холмиками кремнистых сланцев, в восточном из которых (см. рис. 12) и находятся копушки на бирюзу.

Бирюза плохого качества, в очень небольшом количестве, чаще в осыпи. Стенки копушек часто покрыты точечными выцветами коловратитов, копушки расположены по южному склону горы, и выцветы бирюзы производят впечатление синхроничных коловратитов.

14. Шоды-Мир. К западу от месторождения бирюзы нижнепалеозойские сланцевые толщи быстро уходят под покров молодых образований и вновь обнажаются лишь у урочища Шоды-Мир, недалеко от которого находится известная пещера Канигут и полиметаллическое месторождение. Здесь нижнепалеозойские сланцы упираются в известняки девона и черные кремнистые выходы обнажаются, примерно в одном километре к северо-востоку 40° от пещеры. На их южных обрывистых склонах встречаются редкие желто-зеленые примазки коловратитов и медные выцветы (хризоколла).

В пределах листа десятиверстки, это самая западная из известных точек проявления ванадатов; западнее этого выхода сланцы уходят под девонские известняки и вновь обнажаются лишь после значительного перерыва. Никаких коловратитовых образований далее к западу не указывалось.

В западной оконечности Зеравшанского хребта, в горах Кара-тюбе, под Самаркандом (кишлак Агалык) известно месторождение Тюямунита с минерализацией лежащих поблизости кремнистых сланцев, напоминающей коловратитовую.

Коловратитовые примазки, которые были доставлены якобы из Кара-Тау (неподалеку от ст. Канибадам), вероятнее всего происходят не оттуда, а из какой-либо из точек уже описанной нижнепалеозойской ванадиевоносной полосы, лежащей южнее. Горы Кара-Тау сложены песчанистой толщей верхнего палеозоя, проплавленной гранитным батолитом варисцийского возраста. Гранит нескольких типов обычно плагиоклазовый. Обычно аплитовидные розовые участки.

В контактах с известняками — иногда встречаются образования офиокальцита. Среди наносов берега одного из небольших саев северного склона выход гранитово-везувианового скарна, с примазками медной зелени. Конгломераты мало измененные контактом в общей массе, в отдельных гальках образуют совершенно перекристаллизованные минералы типа роговой обманки.

Кремнистые породы представлены светлыми плотными разностями роговикового типа.

Ванадаты в Кара-Тау не были обнаружены, а геологическое строение района заставляет сомневаться в нахождении коловратитов в указанном комплексе пород, слагающих Кара-Тау.

ОПИСАТЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Прежде чем перейти к минералогическому описанию коловратитовых месторождений, нам хотелось бы остановиться на тех редких и малоизвестных ванадатах, которые устойчивы в сходных условиях поверхностной зоны земной коры и не содержат элементов, не входящих в коловратитовую геохимическую зону.

Наиболее близкими по своему составу и условиям нахождения к ванадатам Южной Ферганы являются минералы Тюя-Муюна, карнотитовых песчаников в Америке (Юта и Колорадо) и минералы окисленной зоны патронитовых месторождений в Перу.

Окисленными минералами патронитовых месторождений являются:

Гетецит	$\text{CaO} \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
Меланованадит	$2\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 (+ \text{H}_2\text{O})$ Черный, бл. металл., тв. 2,5
Фернандит	$\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot 5\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Синкозит	$\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_4 \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot 14\text{H}_2\text{O}$
Паскоит	$2\text{CaO} \cdot 3\text{V}_2\text{O}_5 \cdot 11\text{H}_2\text{O}$ и ряд других, содержащих S.

Минералы U-V песчаников:

Карнотит	$K_2O \cdot 2UO_3 \cdot V_2O_5 \cdot 3H_2O$ желтый, мелкокристаллический
Уванит	$2UO_3 \cdot 3V_2O_5 \cdot 15H_2O$
Гетецит	$CaO \cdot 3V_2O_5 \cdot 8H_2O$
Матагецетит	того же состава
Ферванит	$2Fe_2O_3 \cdot 2V_2O_5 \cdot 5H_2O$ желтый, золотисто-бурый, мелкокристаллический
Россит	$CaO \cdot V_2O_5 \cdot 4H_2O$ желтый, бл. стекл. и перламутр., мелкокристаллический
Метароссит	продукт обезвоживания россита — желтый, бл. перламутр, тусклый, мелкокристаллический
Раувит	$CaO \cdot 2UO_3 \cdot 6V_2O_5 \cdot 20H_2O$ коллоидальный, цвет пурпурный.

Ванадиевые и урано-ванадиевые минералы Тюя-Муюна

составляются следующими основными видами:

Тюямунит	$V_2O_5 \cdot 2UO_3 \cdot CaO \cdot 4H_2O$ количество воды переменное, желтый, кристаллический
Ферганит	$V_2O_5 \cdot (UO_3) \cdot 6H_2O$ желтый кристаллический, новейшими исследователями не найден
Тураниит	$V_2O_5 \cdot 5CuO \cdot 2H_2O$ зеленый, волокнистый
Туркестанский фольбортит	$Ca_3 \cdot (VO_4)_2 \cdot Cu_3(VO_4)_2 \cdot 2H_2O$ или $2CaO \cdot 2CuO \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$ от фольбортита отличен по химическому составу, темно- зеленый, коллоидальный
Тангеит	$2CaO \cdot 2CuO \cdot V_2O_5 \cdot H_2O$ цвет темно-оливковый, радиально-волокнистый, кристаллическ. массы
Алаит	$V_2O_5 \cdot H_2O$ темно-красный

Кроме алаита найдена еще одна разновидность ванадия в кислородном соединении, это — водный ванадат ванадила ваноксит $2\text{VO}_4 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, найденный в США, и различные ванадиевые охры.

Г.Н.Черник, анализирувавший целый ряд урано-ванадиевых руд Тюя-Муюна, приходит к выводу, что там мы имеем дело со сложными смесями непостоянного состава, причем выделяет целый ряд возможных составляющих урано-ванадатов.

Из Кара-Чагыра известны:

Тюямунит	$\text{CaO} \cdot (\text{UO}_3)_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
Коловратит	ванадат никеля
Узбекит	$\alpha\text{-}3\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ зеленый мелкокристаллический $\beta\text{-}3\text{CuO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ темно-зеленый, кристаллический.

Уже при беглом взгляде на общий список минералов видно, как сходны между собой различные минералы как по химическому составу, так и по внешнему виду. По большей части, однако, и уже выделенные минеральные тела не вполне укладываются в точные химические формулы и должны считаться смесями весьма непостоянного состава. В той же и еще большей степени, чем это относится к минералам кристаллического строения, непостоянными являются различные мелкодисперсионные и коллоидальные тела, столь распространенные в изучаемом типе месторождений.

Морфологически все вышеперечисленные выходы кремнистых сланцев зоны коловратитов с ванадиевыми образованиями столь близки друг к другу, что вполне достаточно дать общее описание типа, отметив лишь те мелкие различия в минералообразующих телах, которые характеризуют данный выход их.

Обычно глыба кремнистых сланцев залегает, хотя и согласно среди глинистых пород, но по контакту с ними испытывает мелкие тектонические нарушения, в результате которых разбивается в нижней своей части на множество мелких, но плотно прилегающих друг к другу кусков, представляющих род брекчии, почти без цемента. Падение, обычно северное, и более быстрое таяние снега на южной стороне кремнистого островка приводит обычно к тому, что южная сторона глыбы размывается значительно интенсивнее северной и поэтому более крута, почти отвесна, в то время как северный склон соответствует крутизне падения слоев. Дальнейшее развитие этого процесса приводит к образованию сая с южной стороны глыбы, так что она оказывается на северном, обращенном к солнцу, берегу его.

Поверхность, обращенная к солнцу, покрывается интенсивным пустынным загаром, а прилежащие глинистые породы — выцветами сернокислого магния и гипса.

Белые выцветы на влажных склонах овражков чрезвычайно широко распространены по всему району и представляют серьезный интерес сами по себе, обладая значительной активностью. Так, радиоактивность белых порошковатых выцветов Кара-Чагыра, измеренная А.П.Снесаревым [26], достигает 0,63 единиц Махе на 125 г. Анализ растворимой в воде части показал:

SO ₃	—	37,00	35,91	36,46
MgO	—	17,84	18,55	18,20
H ₂ O	—	44,75	45,77	45,26
Сумма	—	99,59	100,23	99,92

Эти данные укладываются в формулу — MgSO₄·5,5H₂O.

По нашим измерениям выцвета MgSO₄ на склоне овражка, сложенном новейшими отложениями, около Киэн-Куля — 0,0024% U₃O₈. Все наши измерения часто условно даны в урановых единицах, независимо от истинной природы их активности.

Белые выцветы, широко распространенные на всех породах, преобладают на современных глинистых отложениях, и активность их несколько не связана с некоторой активностью коловратитов. Источником активности, по всей вероятности, служат соли радия, концентрирующиеся из окружающих пород, вместе с сульфатами, действием поверхностных вод.

Гипс чаще встречается не в виде выцветов — «выпотов» по Ферсману, а в виде почковидных натеков на кремнистом сланце. Другой формой нахождения гипса является образование сплошной корки, мощностью до 4–5 мм, покрывающей поверхность глинистых сланцев с южной стороны. Эта форма встречается значительно реже.

Ванадаты обычно находятся на свежей поверхности кремнистого сланца, еще не успевшей покрыться пустынным загаром, или на стенках многочисленных трещин. В свежем изломе плотной породы ванадиевых образований никогда не встречается.

Наибольшей концентрации ванадаты достигают вдаль трещин, проходящих в нижней части южного склона кремнистых сланцев. В верхних частях кремнистых островков количество ванадатов значительно уменьшается, а на северной стороне их ванадаты встречаются лишь очень редко.

Другим излюбленным местом нахождения ванадатов надо считать нишеобразные углубления в нижней части кремнистых сланцев, происходящих за счет эолового выдувания пород.

Существуют три основные морфологические формы нахождения ванадатов в этом типе месторождений: I - кристаллические формы, II - желтые и зелено-желтые налеты по трещинам, напоминающие пленки воска, растекшегося по холодной поверхности, III - потеки зеленого и желто-зеленого цвета, обычно представляющие чередование слоев ванадата и гипса.

Начнем с описания первой группы.

I. Тюя-мунит — найден только на Кара-Чагыре [15] при анализе желтых кристаллических соединений. В небольшом количестве в трещинах по южному склону.

Кремнистые сланцы сверху покрыты в некоторых местах тонким серовато-белым или красноватым коллоидальным налетом, на которых сидят кристаллики желтого минерала. Их чрезвычайно трудно отобрать в чистом виде, и анализ их был произведен И.Д.Курбатовым и Л.И.Игнатовой [15] вместе с подстилающей коллоидальной корочкой (в %):

H ₂ O (до 105° C)	— 7,14%
H ₂ O (от 105° до 120°)	— 0,20
CaO	— 3,53
NiO	— 0,37
CuO	— 0,32
Al ₂ O ₃	— 10,60
Fe ₂ O ₃	— 2,72
SiO ₂	— 25,19
V ₂ O ₅	— 9,74
U ₃ O ₈	— 28,24
Потеря при прокаливании	— 10,72
Итого:	— 98,77%

Если учесть загрязнение от плохого отбора материала, то сопоставление с другими анализами тюямунита дает:

	Гиллебранд	Роде	Хлопин	Курбатов и Игнатова
U ₃ O ₈	— 58,34	57,19	59,41	56,25
V ₂ O ₅	— 18,72	19,30	19,17	19,34
CaO (RO)	— 5,59	5,63	5,49	7,03
H ₂ O	— 17,35	17,88	15,94	—

Некоторый избыток V и Ca для пересчета анализа по формуле $\text{CaO} \cdot (\text{UO}_3)_2 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ не следует считать особенно удивительным, так как Ca мог присутствовать в виде CaSO_4 , а избыток V отмечается для всех соединений Кара-Чагыра.

В других коловратитовых точках туюмунит не обнаружен. Возможно его присутствие в Анхоре.

В коллоидных смесях Кара-Чагыра всегда присутствуют аллофаны и спорогеллит, а также опаловые примеси, чем следует объяснить большой избыток Al_2O_3 и SiO_2 в анализируемом материале.

2. Узбекит — встречен на Кара-Чагыре в двух разновидностях: первая состоит из светло-зеленых листоватых кристалликов до 1 мм величиной, расположенных перпендикулярно поверхности трещин и растущих обычно на белой дисперсной массе, тонким налетом покрывающих поверхность трещин. Курбатов и Коргин [14, 16] называют эти скопления очень выразительным термином «заборчики».

Вторая разновидность встречена в виде темно-зеленых листоватых кристаллов, ориентированных почти параллельно стенкам трещин, в которых находятся эти кристаллы. Этому типу дано наименование «бляшек». «Бляшки» чаще сидят на черном, темно-зелено-красном или пепельно-сером налете и соответствуют несколько более глубоким трещинам. Химический состав таков:

	«Заборчики»			«Бляшки»		
		%	Молек. колич.		%	Молек. колич.
H ₂ O	ниже 110°	0,53	—	ниже 105°	0,53	—
H ₂ O	выше 110°	12,82	7116	105–900°	12,98	7205
MgO	—	следы	—		следы	—
CaO	—	0,31	55		следы	—
CuO	—	44,69	5616		30,37	62
NiO	—	0,90	120		0,84	3817
Al ₂ O ₃	}	1,40	137		4,45	435
Fe ₂ O ₃						
SiO ₂	—	1,17	194		19,21	3186
V ₂ O ₅	—	37,71	2072		26,42	1452
		<u>99,53</u>		MnO	0,44	62
				PbO	0,15	7
				ZnO	—	—
					<u>100,26</u>	

Эти данные пересчитываются в формулы:

α -узбекит (заборчики) $3\text{CuO}\cdot\text{V}_2\text{O}_5\cdot 3\text{H}_2\text{O}$

β -узбекит (бляшки) $3\text{CuO}\cdot\text{V}_2\text{O}_5\cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Причем в обоих случаях остается некоторый избыток V, отмеченный уже при анализе Тюямунита.

Минерал двуосный [39]. Оптически отрицательный. $N_p - 2,01$, $N_m - 2,04$, $N_g - 2,07$, $2V$ большой. Дисперсная сильная; $Z < V$.

Светло-зеленый, мелкокристаллический минерал двух типов, также был найден нами в весьма малых количествах в восточном конце южного склона Кара-Ташского гребня кремнистых сланцев. Одна из разновидностей этого минерала представляет, вероятно, узбекит, а другая — новый минерал, анализ которого не мог быть выполнен.

Маленький обломок кремнистой породы с кристаллическим минералом, близким к Кара-Ташскому, найден в осыпи одной из точек около Сары-Камыша.

II. Следующим типом нахождения ванадатов являются различные коллоидные формы.

Различные ванадаты, в климатических условиях Средней Азии, легко подвижны и дают несколько морфологических разновидностей.

При капиллярном выпотевании водных растворов, содержащих V вверх, на поверхности кремнистых сланцев образуются точечные выцветы желтого и желто-зеленого цвета. Этот тип особенно распространен в западном выходе около Чарку, а также на Анхоре, в восточной глыбе.

При просаячивании тех же растворов по тонким трещинкам, которыми пронизана плотная порода, на стенках этих трещин отлагаются корочки, редко достигающие до 1 мм толщины и весьма непостоянного состава. При изучении строения этих корочек ясно видна постепенность перехода от чисто коллоидальных образований, через грубые дисперсные смеси к мелкокристаллическому строению составляющего вещества.

Так как тонкие корочки ванадатов находятся в тесном парагенезисе с различными минералами типа аллофанов, хризоколлы, фосфатов алюминия и других морфологически близких образований, то понятна трудность отбора и исследования ванадатов в чистом виде. Однако, на основании качественных опробований ряда корочек можно подтвердить существование сравнительно распространенного желтого коллоидального ванадата никеля — **коловоротита** в первоначальном смысле, данном ему В.И.Вернадским.

Это желтый минерал, сравнительно устойчивой ярко-желтой окраски, дающий тонкие налеты, изредка корочки в доли миллиметра толщиной и занимающий площадь до нескольких квадратных сантиметров.

Коловратит характерен для верхней части небольших выходов кремнистого сланца — например, Кадамджая, восточных островков Кара-Танге др. Есть некоторые основания подозревать кристаллический ванадат никеля в мелких таблитчатых кристаллах светло-зеленого цвета, которые изредка встречаются среди дисперсных масс восточной части гребня Кара-Таш, наряду с зародышами кристаллического ванадата меди.

В восточном выходе кремнистых сланцев у к. Чарку нами обнаружен минерал, представляющий, по-видимому, новое природное соединение ванадия.

Морфологически он представляет собой ярко-желтую порошковатую массу, легко рассыпающуюся даже при сильном дуновении. Концентрируется он, главным образом, по трещинам, около самой поверхностной породы или в нижней части нишеобразных углублений, о которых было упомянуто выше.

Минерал этот оказался чрезвычайно легко растворим в обычной воде и несколько хуже в дистиллированной.

Растворимость его так велика, что капля воды, помещенная на поверхность кремнистого сланца, покрытого налетом этого минерала, очень быстро приобретает ярко-желтый цвет от его растворения. После нескольких смачиваний водой на кремнистом сланце в тех местах, где находился этот минерал, остается лишь буроватое пятно, содержащее Fe и не содержащее ванадия.

Про сильном прокаливании минерал приобретает темно-серый, однородный оттенок и очень сильно теряет в весе, а если после слабого прокаливании, уже изменившего цвет минерала, его осторожно смочить водой, он через некоторое время приобретет зеленую окраску.

В пламени минерал дает интенсивный цвет калия.

Вследствие очень небольшого количества этого минерала, которое мы могли отобрать для химического анализа, последний не мог быть доведен до конца.

Качественно аналитик Вознесенский в нем обнаружил V, K, Fe и следы Mn, а также значительную примесь органического вещества.

Не были найдены: U, Cu, Mo, W, а также Si и Ni.

При количественном анализе (химик Волков) обнаружено:

V_2O_5	— 5,15%
Fe_2O_3	— 0,84%
K_2O	— 0,66%
Сумма	— 7,65%

т. е. состав минерала остается совершенно загадочным.

Активность минерала оказалась ничтожной — 0,0033% U_3O_8 в условных урановых единицах. Кроме Чарку в небольшом количестве этот минерал встречен в Киан-Куле и некоторых других точках.

Алаит — указывается И.С.Комишаном [13] для Кара-Чагыра. Красновато-коричневые радиально лучистые массы. Очень редок.

III. Третья морфологическая разность ванадатов состоит из различных натечных образований. Это наиболее загрязненная посторонними примесями форма в то же время дает наибольшие концентрации ванадия.

Эти натёки обычно зеленого цвета, иногда с желто-зеленой поверхностной частью, никогда не достигают сталактитообразной формы и в разрезе обычно представляют чередование прослоек гипса и зеленого ванадата. По форме их удачно сравнивают с «накипью» на посуде.

В местах наибольшего развития подобных натёков можно видеть, как растворы, их образующие, капают на землю и цементируют верхний слой ее зеленой корочкой.

Такие образования, ясно указывающие на очень большую подвижность ванадатов, особенно ясно заметны в Кара-Чагыре, в пещерке на левом берегу Кара-Танге и в восточном массиве Кара-Таш.

Химически эти натёки почти тождественны с налетами и лишь загрязнены механическими примесями. Обычно натёки дают качественную реакцию на V, Ni, Cu, Ca, P_2O_5 , SO_4 и целый ряд других ионов.

Вероятнее всего, что они представляют механическую смесь различных минералов, видное место среди которых обычно занимает коловратит.

Приводим некоторые анализы аналогичных образований.

	Снесарев [26] желтый минерал Кара-Чагыр	Курбатов [17] зеленая дисперсная масса Кара-Чагыр	Курбатов [17] коричневая дисперсная Кара- Чагыр
H ₂ O	20,64	26,34	24,81
SiO ₂	31,47	19,52	17,96
V ₂ O ₅	6,07	4,57	16,08
P ₂ O ₅	3,16	—	—
Al ₂ O ₃	20,57	—	—
Fe ₂ O ₃	следы	35,23	29,40
NiO	12,22	11,57	9,16
CaO	5,66	1,32	1,13
MgO	0,98	0,17	0,11
CuO	следы	0,61	0,74
	100,77	100,33	99,46

Кроме того, в некоторых случаях обнаруживаются и следы Мо.

Из этих данных видно отношение V₂O₅ к NiO и CuO в различных рудах. Оно равно:

	Желтый минерал	Зеленая дисперсная масса	Коричневая масса	Средняя проба руды	
				Кара-Чагыр	Киан-Куль
V ₂ O ₅ /NiO	0,49	0,39	1,75	0,52	0,033
V ₂ O ₅ /CuO	—	26,88	23,09	—	2,3

Эти соотношения с полной очевидностью показывают, что существуют несколько ванадиевых, никелевых и медных минеральных тел, смешивающихся друг с другом и другими веществами в различных пропорциях в зависимости от чисто местных условий.

Напомним, что количество всех этих минералов столь ничтожно, что набрать какой-либо минерал для полного химического анализа представляется весьма трудным.

Одним из наиболее интересных свойств коловратитов, благодаря которому они и были найдены, является их радиоактивность. Этот вопрос имел особенно большое значение, как для промышленной оценки месторождений, так и для выявления их генезиса. Однако при внимательном изучении процесса оказалось, что нельзя говорить о радиоактивности коловратитов как таковых.

Приводим таблицу активности пород, выраженную в урановых единицах чисто условно, как это уже оговаривалось выше.

Таблица радиоактивности пород

№№ п/п	Название образца	Результат в урановых единицах	Примечание
1.	Кремнистый сланец из Анхора без налетов	0,0054	
2.	Глинистый сланец, Киан-Куль	0,0036	
3.	Углисто-глинистый сланец Кара-Чагыр	0,0033	
4.	Желтый налет (новый минерал), Чарку	0,0033	
5.	Порфирит из Туля	0,003	
6.	Известняк белый, Шодыми	0,0029	
7.	Желтые (без V) выцветы на углисто-глинистом сланце, Сары-Камыш	0,0028	
8.	Белый сульфатный налет Киан-Куль	0,0024	
9.	Ожелезненная порода, Чарку	0,0023	
10.	Кремнистый сланец с желтым (V) налетом	0,0018	
11.	Порфирит с медной зеленью, Джульбарс	0,0018	
12.	Желтый ванадиевый налет, Киан-Куль	0,0012	
13.	Зеленые ванадиевые натеки, Кара-Танге	0,001	
14.	Песчаник, Киан-Куль	0,0008	
15.	Кремнистый сланец	0,0007	
16.	Песчаник, Киан-Куль	0,0006	
17.	Желто-зеленый налет с ванадием, Анхор	0,0002	
18.	Гранит аплитовидный, Кара-Тау	0,0002	
19.	Серый глинистый сланец, Сары-Камыш	0,0002	
20.	Глинистый сланец, Чарку	не активн.	
21.	Кислая изверженная порода, Кара-Тау	не активн.	
22.	Глинистый сланец, Киан-Куль	не активн.	

23.	Рудная брекчия из Хайдаркана	не активн.	
24.	Зеленый налет с ванадием, Сурх-Боткан	не активн.	

По измерениям А.П.Снесарева [26]:

		Активность в ед. Махе	Примечание
1.	Ванадат №109 (чисто желтый), Кара-Чагыр	28,3	См. анализ выше, возможна примесь туюмунита
2.	То же, зеленоватый	27,6	
3.	Сернокислый магний, отсеянный, №121	0,63	
4.	Кусочки сланца с примазками зеленого цвета, содержащими медь, «121	0,24	
5.	Бурый железняк №183	3,22	

Из этой таблицы видно, что концентрация радиоактивных веществ нигде не достигает сколько-нибудь значительной величины и происходит совершенно независимо от присутствия коловратитов. Единственное место, где коловратиты связаны с повышением радиоактивности — это Кара-Чагыр, где кроме чистых ванадатов присутствует уранованадат кальция — туюмунит. В пределах же самого месторождения Кара-Чагыр радиоактивность распределена чрезвычайно неравномерно, что объясняется отсутствием прочной связи между радиоактивным началом и большинством вмещающих минеральных тел.

Различные аллофаны, фосфаты алюминия, бирюза, хризоколла и др. минералы корочек не подвергались нами специальным исследованиям. Можно отметить, однако, что бирюза имеет гораздо более широкое распространение, чем это принято обычно считать.

Аллофаны. Водные силикаты алюминия широко распространены в виде тонких налетов по трещинам кремнистого сланца.

Белая дисперсная масса из Кара-Чагыра по анализу Курбатова и Коргина [16] имеет состав:

		%	Молек. колич.
SiO ₂	—	9,95	1656
Al ₂ O ₃	—	49,07	4801
Fe ₂ O ₃	—	0,12	—
NiO	—	0,13	—
CaO	—	4,57	810

MgO	—	следы	—
CuO	—	1,27	—
V ₂ O ₅	—	1,08	—
H ₂ O	—	19,29	10668
CO ₂	—	3,56	809
H ₂ O (до 105°)	—	10,96	—
		99,90	

В другой работе Курбатов делает предположение о присутствии в аналогичных корочках спорогиллита.

Фосфаты алюминия — в виде светлых корочек, иногда порошковатых, качественно дающих реакцию на фосфор, обнаружены в нескольких точках.

Бирюза — кроме известного месторождения около Чарку найдена в сланцевой гряде около Шоды-Мира. Пленочки голубоватого цвета, по твердости дающие возможность заподозрить в них бирюзу, встречены в северо-западной части Кара-Чагыра, Туле и др. точках.

Бирюза голубоватая с зеленоватым оттенком в виде корочек до 2 мм толщиной. В Чарку встречен целый ряд переходов по цвету от почти чисто белого до голубовато-зеленого. Плотные разности находились главным образом в осыпи. Интересно, что в некоторых копушках направление, по которому шло их углубление, не совпадает с местом максимального количества голубоватых корочек на стенках.

На корочках не заметно никаких царапин от железных орудий, которые должны были получиться при углублении копушки.

На стенках копушек (которые почти все лежат на южной стороне кремнистых сланцев) выцветы коловратитов. В общем выносятся впечатление о современном подтягивании бирюзы к поверхности вместе с коловратитом.

Хризоколла — встречается довольно часто, наиболее хорошо выражена в Кара-Чагыре и Туле на берегу Соха.

Медная зелень — представляющая различные углекислые и фосфорнокислые соединения в виде небольших примазок на различных породах и кремнистых сланцах, химически иногда дает реакцию на фосфор, а иногда на CO₂.

Азурит — мелкие кристаллы в южной части Кара-Чагыра (внизу обрыва в ущельи Ходжа-Уруштан) и отдельные заполненные азуритом мелкие трещинки в кремнистом сланце Кара-Таш.

Никелевые минералы. Кроме коловратитов И.А.Преображенским отмечаются известняки с никельсодержащими примазками.

Никелевые минералы в виде силикатов и фосфатов встречены в восточной части гребня Кара-Таш. Там обычны яблочно-зеленые и голубоватые корочки, дающие яркую реакцию на Ni, на которых сидят корочки коловратита.

Марганцевые минералы также участвуют в миграции к поверхности пород. Налеты, содержащие Mn, встречаются на стенках пещер, в известняках. Реакцию на Mn дают некоторые пленки пустынного загара. А.А.Сауковым [27] выделен новый марганцевый минерал из Кара-Чагыра. Это черный, аморфный минерал, который легко чертится ногтем, с раковистым изломом. Цвет его от смоляно-черного до темно-зеленого Черта серовато-бурая, истинный удельный вес — 2,985. Обычно облекает в виде корок и почек зеленые массы аллофанов.

Состав его такой:

	%
Fe ₂ O ₃	— 27
Al ₂ O ₃	— 9,8
ZnO	— 10,4
NiO	— 11,8
CoO	— 1,4
CuO	— 5,41
CaO	— 0,8
V ₂ O ₅	— 4,3
MnO ₂	— — 23,6
Mo	— качеств.
U	— нет
H ₂ O (до 110°)	— 4,6
H ₂ O (выше 110°)	— 19,9
Нераствор. остаток	— 2,95
—————	
Итого	97,66%

Co присутствует, вероятно, в высшей форме окисления, а не в виде CoO, на вероятность чего указывает и В.И.Вернадский.

Физические свойства приближают минерал к асболану и рабдиониту, но химический состав имеет отдаленное сходство с группой лампадита.

Железные минералы распространены в сланцах в виде различных водных окислов. Климатические условия способствуют некоторому обезвоживанию их, так что преобладающей является группа гетита, а не лимонита. Помимо прожилок и прослоек в толще породы, широко распространены в виде пустынного загара, который появляется на большинстве плотных пород, кроме известняков, на которых он обычно отсутствует.

Максимального развития загар достигает на кремнистом сланце и плотных песчаниках. Среди многих пород обнаружены псевдоморфизы бурого железняка по пириту, что заставляет предположить его присутствие в менее выветрелых зонах.

Кремнекислота — помимо породообразующего кварца и силикатов распространена в виде халцедона и опала, активно участвующих в современных процессах миграции элементов.

Молибден — указывался для Кара-Чагыра неоднократно в виде следов примесей к некоторым минералам.

Кобальт — аналитически обнаружен в виде примесей к некоторым минералам.

Уран — аналитически обнаружен в туюмуните на Кара-Чагыре, радиометрически обнаружена повышенная активность многих пород. О природе ее можно строить лишь догадки.

Радий — вне радиоактивного равновесия с ураном можно предполагать в активных сульфатных выцветках.

В одном из островков кремнистого сланца Киан-Кульском западном Д.И.Щербаков указывает щеточки мелких призматических кристаллов медово-желтого **барита** в трещинах кремнистого сланца.

ЧАСТЬ ГЕНЕТИЧЕСКАЯ

На происхождение многих месторождений ванадатов и урано-ванадатов до сих пор еще не достигнуто полного единства взглядов.

Изучению генезиса их сильно препятствует то обстоятельство, что вследствие большой подвижности этих соединений, исследователь сталкивается обычно с несколькими этапами процесса миграции, накладывающимися друг на друга, разобраться в которых подчас весьма трудно.

На территории Союза известно несколько месторождений, напоминающих коловрититовую зону теми или иными чертами.

Напомним главнейшие из них:

I. Месторождение Минусинской котловины [19].

Неподалеку от известного рудника «Юлия» и деревни Потехино, среди известняков есть выход диабазов. Известняки, сильно окремненные у контакта с диабазами, постепенно переходят в нормальные мраморовидные, вдали от изверженных пород. Окремненные места обычно черного цвета от присутствия углистых частиц. Окремнение связано с метасоматическими гидротермальными процессами, идущими от диабазов. Черные окремненные известняки пронизаны трещинками, заполненными кварцем, халцедоном, опалом и аллофанами. Встречаются также самородная медь, куприт, малахит, азурит.

Креме этих минералов по трещинам иногда находится молодой подвижный канареечного или зеленоватого цвета минерал в виде почковидных натеков или чешуек. Анализ этого минерала показал:

V_2O_5	— 20,62%
NiO	— следы
Mo	— следы
U_3O_8	— 0,36% и др.

С.М.Курбатов, описавшей это месторождение, считает этот минерал близким к кальциофольборгиту. К этому же минеральному виду он относит и минерал Кара-Чагыра. Кроме этого минерала он считает вероятным присутствие тюямунита. Генезис обоих минералов он связывает с конечными стадиям гидротермальных процессов. И генезис, и парагенезис Минусинского месторождения чрезвычайно близки, по его мнению, к Кара-Чагыру, который таким образом он относит к гидротермальному типу.

С.Г.Лобазин [22] неподалеку оттуда описывает еще одно месторождение ванадия, урана и меди. Там уран он связывает с углистыми остатками растений, медь возможно с эффузивными основными породами, а источник ванадия остается неясным.

II. Месторождения карнотита [?] на Кавказе [20, 6, 28].

Желтые землистые налеты в окрестностях Еленендорфа, близ Ганджи, обнаружены впервые С.А.Ковалевским.

Далее эти находки были сильно увеличены в числе А.А.Флоренским*, и после его работ известны в следующих точках в пределах Азербайджана:

Еленендорф.

Ахдогляр, Анненфельд [3 точки наиболее интересные].

Шамхор, Дзеган [цементный завод], и у Караван-Сарая около Казаха в Армении, много западнее, а также у сел. Гумбри, близ Кутаиса [28].

* Рукопись «Геохимия Ганджинского района».

Здесь, таким образом, мы также имеем длинную широтную полосу активных минералов.

Приурочена вся эта зона к полосе меловых известняков и к глинам, происшедшим из различных вулканических пеплов. Генезис минералов неясен, но С.А.Ковалевский связывает его с вулканическими извержениями, связанными с глубокими зонами земной коры, а А.А.Флоренский с поверхностными процессами.

III. Месторождение Агалык у Самарканда.

По-видимому, там резко выражены два процесса: первичный привнос соединений урана и ванадия и последующее перемещение их к поверхности, давшее минералы близкие к минералам коловратитовой зоны. Месторождение находится на границе палеозойских известняков и кремнистых сланцев.

В третичных известняках минерал типа тюямунита.

IV. Тюя-Муюнское урано-ванадиевое месторождение, с которым долгое время сближали месторождения типа коловратитов, и на генезисе которого необходимо поэтому остановиться несколько подробнее.

Акад. В.И.Вернадский [8, 9, 10] сближал Тюя-Муюнское месторождение с карнотитовыми месторождениями Америки и Австралии и указывал на вероятность здесь процессов, связанных с глубокими частями земной коры и подземной переработкой ювенильными водами верхов кислых гранитных пород.

Ближих взглядов придерживается большинство старых исследователей месторождения.

Серьезным доводом, говорящим за термальное, ювенильное происхождение этих месторождений, по его мнению, является независимость минералогического состава урано-ванадатов от характера окружающих пород.

И.А.Преображенский [26] на основании осмотра Тюя-Муюна и находок в коловратитовой полосе дает следующие положения:

1. Как количество рудных минералов, так и их активность уменьшаются вдоль склона Алайского хребта с востока на запад (Тюя-Муюн, Кара-Чагыр — оруденение в нижней части горки), Чарку (очень слабое оруденение) и Канигут (ванадатов нет, сильная ионизация воздуха).

2. Все это связано с тем, что все месторождения приурочены к центральной части антиклиналей, ось которых погружается на запад.

3. Активные минералы привнесены снизу или в виде возгонов, или, вероятнее, в виде горячих ювенильных растворов.

4. Можно ожидать обогащения рудой с глубиной всех этих месторождений.

5. Наиболее близко к поверхности рудное тело находится в восточной части полосы (Тюя-Муюн, Кара-Чагыр).

Противоположные взгляды наиболее яркое отражение находят в многочисленных работах акад. А.Е.Ферсмана и его школы [31, 40].

Основные его положения таковы:

1. На Тюя-Муюне первой, подготовительной стадией образования месторождения было образование карстовой трубки в постэоценовое время.

2. Вторая стадия — заполнение карста рудным телом, принесенным теплыми поверхностными водами, которые обогащались рудными элементами, просачиваясь сквозь толщу осадочных пород.

Д.И.Щербаков склонен был занимать промежуточное положение, считая ванадий выщелоченным из осадочной толщи, а уран принесенным из глубины.

Теория А.Е.Ферсмана получила широкое распространение и за последнее время не встречала серьезных возражений в литературе.

Лишь в 1933 г. появилась статья Д.М.Павленко [24], который на основании изучения тектонических соотношений пород вблизи Тюя-Муюна приходит к выводу о доварисцийском возрасте карста, оруденение которого связано с застыванием варисцийских диабазовых пород, являющихся первичными носителями урана и ванадия.

Положения Д.М.Павленко были раскритикованы проф. П.М.Бутовым и Н.К.Зайцевым [4].

О генезисе Кара-Чагырского месторождения коловратитов, кроме упоминавшихся взглядов Преображенского и Курбатова, есть небольшие заметки А.Е.Ферсмана [29, 30], в которых он приходит к другим выводам. Источник ванадия, как и для Тюя-Муюна, он здесь видит в линзах черных углистых сланцев, которые обычны в палеозойской толще пород. О Кара-Чагыре он пишет [30]: в условиях летнего зноя «поднимаются горячие растворы, оставляя на стенках (трещин) прекрасные розетки кристалликов ванадата». В другой работе [29] он указывает на гипергенный характер этих растворов.

Павленко также не оставляет Кара-Чагыр без внимания и рекомендует пересмотреть всю полосу коловратитов с новой точки зрения, установленной им для Тюя-Муюна.

Приступая к генетическому описанию коловратитовых месторождений, необходимо вспомнить геологические условия их нахождения:

1. Ванадаты, содержащие никель, медь, следы урана и молибдена, всегда приурочены к выходам кремнистых сланцев типа лидита или фтанита и занимающих более или менее определенное стратиграфическое положение.

2. Большинство островков кремнистого сланца содержит примазки ванадатов, но некоторые выхода лишены их.

3. Коловратиты находятся обычно с южной стороны кремнистых сланцев и достигают максимального количества в самой нижней части южного склона, в нишах выдувания и вдоль трещин.

4. Кремнистые сланцы не имеют заметной связи с изверженными породами и не связаны с близостью крупных тектонических нарушений как пликативного, так и дизъюнктивного характера.

5. По контакту кремнистых сланцев с глинистыми обычны мелкие, узко местного характера дислокации и трещиноватость.

6. Кремнистые сланцы часто находятся вблизи от углистых и сами содержат большое количество углистого вещества.

7. Образование кремнистых сланцев относится к довариссийскому времени и связано, вероятно, с процессами диагенеза.

По вопросу о происхождении этих скопления ванадия и никеля можно высказать три предположения:

1. Вещество для образования коловратитов было инфильтровано в сланцы сверху.
2. Принесено в сланцы снизу.
3. Отложено одновременно со сланцами.

Первая гипотеза не высказывалась никем, да вряд ли ее можно было бы применить для данного случая, ибо песчаная толща верхнего палеозоя мало благоприятна для концентрации ванадия в ней, а мезозойские породы распространены в близлежащих районах лишь островками, никак не связанными с полосой кремнистых сланцев. Предположить, что инфильтрация растворов, содержащих ванадий и никель, шла по всей толще пород мы не имеем никаких оснований, а допустить, что просачивание растворов по трещине, соединяющей все выхода кремнистых сланцев, также невозможно, ибо, во-первых, мы никаких следов такой трещины не находим, а во-вторых, в тех местах, где бросовые трещины действительно имеются — коловратитовой минерализации не найдено.

Вторая теория о проникновении ванадиеносных растворов снизу находит особенно яркое выражение в работе И.А.Преображенского; к этой же точке зрения склоняются акад. В.А.Обручев (рудные месторождения) и Б.Я.Наследов, связывающие ванадиевое оруденение с эпитермальными водами, образовавшими пояс сурмяно-ртутных месторождений Алайского и Туркестанского хребтов.

Основным доводом в защиту гидротермального происхождения коловратитов И.А.Преображенский считает уменьшение рудообразования с востока на запад, которое он

связывает с общим погружением осей антиклиналей в том же направлении. При этом он исходит из положения, что оруденение всегда приурочено к центральной части антиклинали, в доказательство чего приводит Кара-Чагыр, где оруденение, якобы, увеличивается к ядру ее. О причинах такого, кажущегося, обогащения центральной части, мы скажем ниже.

На самом деле оруденение далеко не всегда приурочено к антиклиналям и совпадает с ними лишь там, где кремнистые сланцы оказываются случайно зажатыми в ядро складки. В большинстве случаев мы этого совершенно не наблюдаем, и кремнистые сланцы залегают линзами в окружающих породах без всяких крупных дислокаций.

Геологические разрезы, составленные на основании детальных, многолетних работ В.Вебером и другими геологами, также не подтверждают существование общей антиклинали, связывающей Тюя-Муюн со всеми выходами кремнистых сланцев.

Если же предположить ряд мелких, тонущих к западу складок, оси которых подпираются изверженными породами, то остается совершенно непонятным, почему именно коловратитовая минерализация приурочена к определенной фации кремнистых сланцев. Остается допустить, что окремнение сланцев также имеет такой же глубинный источник, как и ванадаты, и произошло за счет привноса общими ювенильными растворами. При таком расположении надобность в несуществующих антиклиналях вообще отпадает, тем более, что общая закономерность ослабления оруденения к западу при изучении большего числа точек оказалась неверной. Богатые точки мы имеем как в восточной (Кара-Чагыр), так и средней (Кара-Таш, Киан-Куль) и в западной (Чарку) части коловратитовой полосы. Между ними располагаются более бедные точки, также подчиненные совершенно другой закономерности богатства оруденением, чем вышеуказанная.

Предположим, что параллельно оси хребта проходит какая-то, совершенно неведомая интрузия, длина которой по простирацию свыше 200 км, и от которой шли эпитегрмальные растворы, несшие кремнекислоту, ванадий, никель и др. рудообразующие элементы.

Уран практически можно не принимать во внимание, ибо радиоактивна вся толща пород, а концентрации его в зоне коловратитов весьма ничтожны и случайны.

В таком случае мы должны ожидать обогащения минералообразования с глубиной и переход руд к сульфидному тапу.

Для этого района известно три основных этапа поднятия магмы к поверхности: силурийские подводные эффузии, интрузии кислых пород вариссийского времени и гидротермальные проявления, относящиеся к альпийскому, может быть к кимерийскому времени.

К какому же возрасту может относиться гипотетическая интрузия, породившая эпитегрмальные воды с растворами, образовавшими коловратиты?

Ванадий, равно как и никель, концентрируются в основных магматических породах, и с этой стороны вероятно ожидать влияния эффузий основных пород силурийского времени на происхождение коловратитов.

Но крупные полосы основных пород достаточно удалены от коловратитовой зоны, чтобы связать растворы с ними, а опробование ряда мелких островков эффузивов на ванадий показало отсутствие концентрации его в них, равно как и в выделениях медной зелени на порфиритах.

Кроме того, основные породы, будучи подводными покровами, обладают ничтожными запасами теплоты, не могущей распространяться на сколько-нибудь значительное пространство и дать начало термальным растворам.

Окремнения сланцев эти излияния тем более не могли произвести, так как сами весьма бедны кремнекислотой.

Разбросаны выходы основных пород среди глинистых сланцев также совершенно несоответственно распространению кремнистых линз, так что предположить их взаимную связь весьма трудно.

Интрузия гранитного типа варисцийского времени известна достоверно лишь в одном участке — в горах Кара-Тау, лежащих даже вне пределов коловратитового района. Гидротермальные же проявления в горах Гузан (около Ляхана) и около кишлака Кан или Джар-Данасы — случайны и совершенно не имеют той характерной для коловратитов правильности и однотипности. Концентрация как активного начала, так и ванадия, по нашим определениям, в гранитах также отсутствует.

Следующим по времени наиболее богатым этапом минерогенезиса является минерогенезис, приуроченный к мощным дизъюктивным дислокациям альпийского времени.

Первоначального магматического источника этой эпохи мы не знаем, но видим проявление его деятельности в виде целой полосы месторождений с типичной эпитермальной ассоциацией стибнита, киновари и флюорита. Именно с этими проявлениями эпитерма, идущими несколько южнее коловратитовой полосы О.А.Обручев [там же] связывает ванадиевое оруденение.

Стибнит, киноварь и флюорит связаны обычно с ясно заметными широтными зонами разломов, преимущественно по тектоническому контакту глинистых сланцев с известняками.

Брекчия трения обычно сильно окремнена и содержит включения рудных минералов. В карьерах Кадамджайского рудника, среди окремненной брекчии в некоторых желтых Sb-содержащих выцветах, как показали наши определения — присутствует примесь ванадия. Рудная брекчия Хайдаркана неактивна и ванадия в ней не найдено.

Однако, возникает вопрос, можно ли связывать генезис коловратитов с проявлениями этих эпитеpm.

В промежутке между полосой сурьмяно-ртутных месторождений и зоной кремнистых сланцев никаких проявлений терм не найдено. Выходы эпитеpm расположены гораздо более неправильной полосой, чем кремнистые сланцы, и всегда приурочены к ясно выраженным сбросовым трещинам.

Возраст окремнения лидитов, как было указано в геологической части, относится к доверхнекарбонному, т. е. образование кремнистых сланцев произошло совершенно независимо от молодых стадий минералообразования и окремнения рудных брекчий сурьмяно-ртутных месторождений.

Ожидать же точного перекрытия полосы окремнения термальным ювенильным оруденением без наличия зон разлома вдоль полосы кремнистых сланцев совершенно неосновательно.

Таким образом, на основании сравнительного изучения всей полосы кремнистых сланцев с коловратитами, отбрасывая случайные признаки, характеризующие лишь какое-либо одно месторождение — например, выход кремнистых сланцев у Кадамджая — можно убедиться в малой вероятности происхождения коловратитов от воздействия магматических процессов.

Перейдем к критике третьей гипотезы.

Концентрация ванадия в глинистых и особенно углистых осадках отмечалась уже давно и весьма многими (см., например, [1, 2, 11, 21, 23, 44, 45]). Случаи концентрации активного начала в виде радия или урана современными растениями, а также в ископаемых углистых остатках также описывались [1, 23, 44] и др.). Не повторяя всех давно известных данных, отметим лишь, что среднее содержание ванадия в глинистых породах выражается сотыми, даже десятими долями процента. Вначале такое повышение содержания ванадия объяснялось большой адсорбционной способностью глинисто-углистых частиц, но работы, доказавшие присутствие ванадия в золах современных растений и крови асцидий и голотурий заставляют относить главную массу ванадия в осадочных породах к биоогенному. Что такой источник ванадия может быть достаточно богатым, видно, например, из работы А.П.Виноградова [11], который указывает, что на дне Севастопольской бухты и в некоторых других местах на один квадратный метр поверхности дна приходится от 2-х до 3-х кг ванадий-содержащих асцидий.

Углисто-глинистые породы нижнего палеозоя не являются исключениям из общего правила и содержат значительные количества ванадия. Некоторое обеднение ванадием показывают лишь поверхностные части пород, указывающее на современную миграцию

ванадия в них. В некоторых плотных участках кремнистых сланцев также явно заметно понижение содержания ванадия.

Особенной концентрации ванадий достигает в углистых линзах, расположенных в близком соседстве с кремнистыми.

Содержание V_2O_5 в них колеблется от 0,013% (серый сланец из Киан-Куля) до 0,39% (черный богатый углистым веществом сланец №42 из начала западного массива кремнистых сланцев у Киан-Куля (Ходжи-архам). Последнее количество V_2O_5 уже достигает содержания ванадия в средней пробе, богатой оруденением части кремнистого сланца (Кара-Чагыр — 0,74%, Киан-Куль — 0,053%). Содержание в осадочных породах никеля и меди также не представляет ничего нового и уже отмечалось для этого района. Никель известен здесь в виде налетов на известняках [26], а также в различных корочках пустынного выветривания.

В качестве довода против возможности происхождения рудного вещества из окружающих пород В.И.Вернадский в 1914 г. выдвигал независимость состава рудного тела от материала окружающих пород. Однако работы И.Д.Курбатова, выяснившего соотношение кальция и ванадия в минералах Тюя-Муяна и Кара-Чагыра, доказали обратное. На основании этих соотношений они выяснили, что элементы рудного тела характеризуют массивы пород, откуда растворы извлекали рудные минералы. Так, в рудном теле Тюя-Муяна мы видим преимущественно минералы с Са, в то время как на Кара-Чегыре Са почти отсутствует, что отражает состав вмещающих пород.

И.А.Преображенский считает, что если бы ванадий происходил из углистого вещества сланцев, то во время окремнения их он неминуемо попал бы в окремняющие растворы и отложился бы в трещинах одновременно с кварцем. Он, однако, совершенно не учитывает различия в растворимости кремнекислоты и ванадатов. Ванадаты являются наиболее растворимыми из всех окружающих соединений, за исключением выцветов $MgSO_4$.

Растворимость их приближается к растворимости гипса, даже несколько превышая последнюю. Наряду с чередованием слоев гипса и ванадата, в натечных формах явно существуют ванадаты, выделившееся после гипса — например, тонкие зеленые корочки на поверхности земли под капелей с кремнистого сланца и др. Лабораторные испытания растворимости различных ванадатов показали нам, что наибольшей растворимостью обладают ванадаты никеля, если не считать, конечно, ванадатов щелочных металлов.

Ванадиевые соли тяжелых металлов сравнительно трудно переходят в раствор при извлечении их чистой H_2O , но даже при небольшом добавлении сульфатов, а особенно кислых сульфатов [44] растворимость их увеличивается во много раз. Обыкновенная водопроводная вода, с небольшой примесью белых сульфатных веществ или $KHSO_4$, легко растворяет ванадаты, и при применении слегка подогретого раствора нам удалось

произвольно перемещать выцветы коловратитов на различные породы. Из этого явствует, что ванадаты никак не могли отлагаться **одновременно** с кварцем, а всегда будут моложе его, независимо от места своего происхождения.

Пониженное содержания в плотных разностях кремнистого сланца говорит с том, что часть ванадия могла быть вынесена оттуда во время окремнения или последующими процессами.

Для пустыни по А.Е.Ферсману [29, 30] типична область восходящих растворов с местными скоплениями подвижных, неустойчивых химических группировок. Под это определение вполне подходят неорошаемые части Южной Ферганы, почти лишенные растительности.

Небольшое количество осадков и крайне неравномерное их распределение по временам года создает жаркое засушливое лето, в течение которого процессы пустынного типа выражены необычайно ярко.

По данным Ташкентской обсерватории за 1910–1920 гг., средняя температура земной поверхности, сложенная лессом на открытом месте, в летние месяцы выражается следующими величинами [29].

Глубина	Поверхность	0,6 м	1,24 м	1,88 м	2,52 м
Средняя t°C (днем)	61,7	30,6	27,6	24,4	21,9
Макс. t°C	69,4	31,5	28,2	25,0	23,9

Зона постоянных (летних) температур находится на глубине свыше 4-х м, имеет равновесие в 15–17°. В верхнем метре общее равновесие температур соответствует 30°C.

Темные кремнистые сланцы накаляются еще выше — до 70–75° С на южном склоне, а вследствие большей теплопроводности их, чем рыхлой массы лесса, зону равновесия температур следует ожидать на глубине значительно большей 4 м.

Таким образом, в самой поверхностной зоне земной коры летом образуются настоящие термальные условия с температурой от 30° до 70°C. Чрезвычайно быстрая испаряемость в условиях сухого, горячего воздуха создает очень благоприятные условия для движения капиллярных растворов по направлению к наиболее горячим участкам пород, т. е. к поверхности. Капиллярные растворы, обладающие очень большой растворяющей способностью вследствие громадной поверхности капилляров, нагреваются до температур окружающих пород и выщелачивают целый ряд соединений, обогащая ими поверхностные слои.

Вполне понятно, что в наиболее благоприятных условиях для движения горячих капиллярных растворов дают именно трещиноватые кремнистые сланцы, нагревающиеся наиболее сильно.

К поверхности кремнистых сланцев подтягиваются не только растворы из глубоких слоев тех же сланцев, но и из окружающих пород.

Ванадий, никель, медь находятся в числе других элементов, легко совершающих такую миграцию.

Если допустить такое происхождение коловратитов за счет выщелачивания рудных соединений из окружающих пород, совершенно понятным становится целый ряд закономерностей, соединяющих эти месторождения:

1. Их общая однородность, наблюдаемая на значительном протяжении, легко объясняется схожими климатическими условиями, в которых находятся эти месторождения, а мелкие различия между ними определяются несколько неоднородным химическим составом осадков и микрогидрогеологией месторождения.

2. Значительные скопления коловратитов встречаются лишь в крупных гребнях кремнистых сланцев (Кара-Таш, Кара-Танге и Кара-Чагыр), дающих достаточную поверхность накаливания и большую разность температур с окружающими породами.

3. Кара-Чагыр находится в особо благоприятных условиях для накопления ванадатов и их кристаллизации, ибо кремнистые сланцы, его слагающие, располагаются поперек русла сая Ходжа-Уруштан и «улавливают» не только восходящие капиллярные воды, но и грунтовые, просачивающиеся через трещины в силу гидростатического давления.

Наиболее богатая коловратитами часть лежит там в юго-восточном конце горки, в месте приложения равнодействующей деятельности солнца, тянущей растворы к югу, и вод, просачивающихся через плотину кремнистых сланцев.

Нахождение этой равнодействующей в глубине ущелья благоприятствует медленному высыханию относительно больших масс растворов и крупному росту кристаллических образований в глубоких частях трещин.

4. Коловратитовая минерализация везде достигает максимума в нижней части южного склона кремнистых сланцев, в месте, куда подтягиваются растворы со всех сторон, и в то же время наиболее защищены от действия атмосферных осадков, как, например, в нишах выдувания или под нависшими глыбами породы.

5. В тех случаях, когда трещины идут по глыбе кремнистых сланцев в вертикальном направлении и нижняя часть глыбы остается плотной — богатых скоплений коловратитов не наблюдается.

6. Если глыба кремнистых сланцев лишена трещин, не имеет крутого южного склона со свежими изломами и покрыта сильным пустынным загаром — коловратиты вовсе отсутствуют, ибо не успевают накопиться в достаточном количестве, так как подвергаются разрушению и уносу атмосферными осадками.

На таких глыбах часто бывают заметны тонкие налеты желто-бурого цвета, не содержащие ванадия. Опытным путем найдено, что аналогичные выцветы образуются как результат выщелачивания ванадатов водой и состоят, вероятно, из гидроокиси железа, присутствующей в ванадатах в виде примеси в неизвестной форме.

7. Все минералы парагенетические коловратитам (хризоколла, аллофаны, бирюза и т. п.) подчинены аналогичным закономерностям, но применительно к различному произведению растворимости их.

8. Весь комплекс минералов ясно отражает свое образование в условиях резко переменных количеств энергии, не дающих обособиться каждому минеральному виду в сколько-нибудь значительных количествах.

9. Промышленной концентрации скопления коловратитов на поверхности нигде не достигают (к такому же выводу приходят предыдущие исследователи), а с глубиной в этом типе месторождений следует ожидать быстрого понижения содержания ванадия. Разведка Кара-Чагыра в 1923 г. инж. Поповым доказала основательность такого предположения.

С целью выяснения некоторых деталей процесса образования коловратитов нами был поставлен ряд опытов; краткое изложение некоторых из них мы позволим себе здесь дать.

Для выяснения степени подвижности ванадатов и роли кремнистых сланцев в их образовании мы наполняли фильтр, вложенный в воронку мелкими кусочками различных ванадатов, и выщелачивали их каплями тепловатой (30–40° С) воды.

Вода, пропитавшая смесь, капала из носика воронки на различные породы, нагретые до температуры 60–70° С. Оказалось, что корочки ванадатов образуются лишь на очень плотных, лишенных пор породах.

Желтый или зеленоватый налет, полученный при этом, морфологически совершенно не отличим в тонких налетах от природного ванадата.

В более толстых корочках все же чувствуются некоторые небольшие различия, как, например, большая рыхлость искусственного налета чем природного.

Глинистые и известковистые песчаники, тем более сланцы, обладают очень большой адсорбционной способностью к ванадию, и поэтому последний не образует обособленных минералов на поверхности пористых пород.

Таким образом, кремнистые сланцы играют роль не только центра, к которому

'Ч

стягиваются капиллярные растворы, но и единственной поверхности (за исключением известняков, на которой может происходить выделение ванадатов).

Во время «пересадки» наиболее растворимых ванадатов (как, например, минерал по Чарку) обнаружилось, что один и тот же исходный продукт после переосаждения его на новую поверхность может давать пленку двух цветов: зеленого и желтого с переходами между ними.

Для проверки такого результата на чистых веществах мы на часовом стекле капельными пипетками получали желтые аморфные осадки ванадиевокислых металлов действием сернокислой соли металла на ванадат аммония. Зеленый осадок при действии солей Cu, Ni, Fe (трехвалентного) не получался. Однако при предварительном введении в реактив небольшого количества соли Мора или FeSO_4 осадок приобретал зеленую окраску различных оттенков, в зависимости от количества Fe^{3+} .

Ванадат двухвалентного железа в чистом виде представляет осадок очень темного грязно-зеленого цвета. При действии соли закисного железа на природный растворимый ванадат желтого цвета последний явно зеленеет.

При действии же слабых растворов перекиси водорода и других окислителей на зеленый аморфный осадок, последний немедленно принимает яркий желтый цвет.

Для понимания этого явления возможно два объяснения.

Перемена цвета осадка происходит вследствие изменения степени дисперсности коллоидального осадка или зеленый цвет принимается осадком под влиянием частичного восстановления ванадата до степени четырехвалентного. Последнее нам кажется весьма вероятным.

Присутствие четырехвалентного ванадия в дисперсных зеленых массах Тюя-Муона в количестве по 1,16% отмечается И.Д.Курбатовым.

Легкая восстанавливаемость пентавалентного ванадия до четырехвалентного даже слабыми органическими восстановителями вполне объяснит нам изменение цвета большинства ванадатов на воздухе от времени, особенно в условиях яркого освещения. Отчасти позеленение может происходить за счет карбонатизации минерала углекислотой воздуха.

Исходя из этих фактов, мы можем также говорить о двойственной валентности ванадия в осадочных породах, особенно в присутствии пирита и других соединений закисного железа.

Если получать ванадиевый налет не на часовом стекле, а на слегка подогретом кремнистом сланце, из слабых растворов, то получается тонкая пленочка, почти неотличимая от природного коловратита.

Чтобы выяснить температурные условия кристаллизации ванадатов, нами были сделаны попытки получить кристаллы из искусственных продуктов.

Успешными оказались два метода:

I. На стеклышко накосится капля слабого раствора сернокислой соли, затем несколько капель воды и капля раствора $KHSO_4$, после перемешивания добавляется капля ванадиево-кислого аммония и весь раствор выпаривается при комнатной температуре.

II. Осадок ванадиево-кислого металла растворяется слабой H_2SO_4 , а затем раствор медленно нейтрализуется. Необходимо так подобрать произведение растворимости нейтрализующего вещества, чтобы при данной концентрации кислоты нейтрализация шла достаточно медленно. Удобным для этой цели оказался кристаллический кальцит в больших кусочках. При употреблении N_2CO_3 как нейтрализатора, выпадает осадок углекислой соли металла.

При применении обоих способов необходимо следить за правильной концентрацией реагентов, ибо, иначе, или выпадает красный осадок свободной ванадиевой кислоты, или выпадает очень мелкий осадок ванадиево-кислого металла. Получение кристаллов удобно вести на предметном стеклышке, припаивая предварительно на него кольцевидный валик из воска, чтобы раствор не растекался. Во время припаивания валика к разогретой поверхности стекла полезно несколько подвигать его в различных направлениях для получения тонкой восковой пленки с внутренней стороны кольца, заставляющей жадность в центре его принять сферическую форму. При высыхании несмачивающей жидкости полученные кристаллы собираются в средней части препарата и легко доступны наблюдению в микроскоп.

Искусственные кристаллы ванадата никеля имеют вид желтых толстых табличек, лежащих длинной осью параллельно предметному стеклу. Обычны двойниковые срастания.

На рис. 12 видны мельчайшие кристаллики $KHSO_4$ и крупные кристаллы ванадата.

Ванадат меди дает целый пучок тонких, расходящихся от одного центра темно-зеленых иголочек — см. рис. 13.

В случае смеси обоих катионов обычно образуются сначала иголки медной соли, адсорбирующие ванадат никеля, который выпадает несколько позднее в виде мелких, но хорошо очерченных кристалликов среди иголочек медного ванадата.

Таким образом кристаллизация ванадата может проходить при пониженной температуре и давлении, т. е. в условиях верхней зоны земной коры, на глубине достаточно защищенной от жгучих лучей солнца.

Кристаллы некоторых природных соединений ванадия легко получились у нас в атмосфере, насыщенной парами кислоты, в которой раствор ванадата пробыл некоторое время.

На существование свободной серной кислоты, а следовательно и кислых ее солей в породах Южной Ферганы есть неоднократные указания.

Так, образование алаита — относят именно за счет действия свободной серной кислоты. При малых концентрациях растворов и медленной кристаллизации их, ту же роль вещества, облегчающего растворение ванадатов, могут играть и сульфаты*.

В заключение остановимся еще раз на промышленном значении этих месторождений.

О том, что видимая часть кремнистых сланцев с ванадатами не имеет промышленного интереса, высказывались многие.

Концентрация их у поверхности слишком ничтожна, а оруденелые участки по поверхности захватывают совсем небольшие площади.

Средняя проба дает:

* А также и нитраты, мигрирующие в сходных условиях.

		Киан-Куль	Кара-Чагыр
V ₂ O ₅	—	0,053	(Преображенский) 0,84
NiO	—	0,16	1,62
CuO	—	0,023	—
U ₃ O ₈	—	0,00%	акт на 125 г от 8,3 до 27,6 Махе

С глубиной, как показывает разведка Кара-Чагыра и наши теоретические построения, это содержание быстро убывает.

Однако, если учесть распространение ванадия во всех окружающих породах, то общие запасы его оказываются очень велики. Вспомнив легкую выщелачиваемость солей ванадия в природе, мы решили попробовать воспроизвести тот же процесс в лабораторных условиях.

С этой целью нами была сконструирована установка, имеющая в виду вообще выяснение возможности выщелачивания ванадия в условиях, приближающихся к природным. Для этой цели химический стакан заполнялся наполовину песком, затем насыпался слой грубо измельченной смеси углистого, глинистого и песчанистого сланцев и покрывался тонким слоем щебенки кремнистой породы. Сверху все это обогревалось (6—75° С) сильной электрической лампочкой с рефлектором.

Вода в малых количествах подводилась по коленчатой трубке, с верхней стороны оканчивающейся воронкой. Нижний конец трубки был воткнут в стакан и доставал до самого дна его.

Таким образом, воспроизводился процесс капиллярного выпотевания солей на кремнистом сланце.

Через несколько дней, кроме белого сульфатного налета, появившегося почти моментально, стал заметен тонкий желтый налет, содержащий ванадий и следы никеля.

С точки зрения промышленной приходится наши работы резюмировать следующим образом.

1. Посещенные месторождения не имеют крупной практической ценности.
2. Генетический тип этих месторождений относится к наименее обещающим.
3. Извлечение ванадия выщелачиванием непосредственно из углистых и глинистых пород пока что кажется нерентабельным, но во всяком случае требует дальнейших исследований в том же направлении.

4. Следует ожидать находки новых месторождений ванадия, связанных с полосой углисто-глинистых сланцев нижнего палеозоя. Возможность промышленных концентраций его наиболее вероятна не среди толщи сланцев, а в известняках, лежащих среди нее и испытавших действие больших масс термальных растворов, проходивших через толщу сланцев.

ВЫВОДЫ

1. Вдоль северного склона Алайского хребта проходит полоса месторождений ванадия в форме коловратитов, приуроченная к кремнистым сланцам нижнего палеозоя.

2. Эти месторождения содержат уран лишь в виде случайной примеси.

3. Все окружающие породы имеют повышенную радиоактивность и содержат ванадий.

4. Кремнистые сланцы образовались, вероятно, при диагенетических процессах на дне палеозойского моря.

5. С выходами изверженных пород эти месторождения не имеют никакой связи.

6. Они не связаны также с крупными тектоническими нарушениями окружающих пород.

7. Ванадаты, содержащие никель, фосфор, медь, следы молибдена и урана, приурочены к кремнистым сланцам, обычно лежащим от углисто-глинистых сланцев.

8. Коловратиты найдены почти во всех островках кремнистого сланца. В заметном количестве они встречаются лишь в крупных выходах его.

9. Наиболее богата ими нижняя трещиноватая часть кремнистого островка с южной стороны его.

10. Генезис коловратитов связан с деятельностью солнца и аналогичен пустынным выпотам — выцветам, обусловленным капиллярными восходящими растворами.

11. Промышленного значения этот тип месторождений ванадия не имеет.

12. Возможны другие типы концентрации ванадия из той же осадочной толщи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов Ф.Я. Ванадий в некоторых осадочных породах. Мат. КЕПС, №79. Л., 1930.
2. Бобр. Ванадий в природе. Изв. Горн. Отд., 1918, №4.
3. Богданович и Ненадкевич К.А. Ванадий. КЕПС, 1919, т. IV, вып. 14.
4. Бутов и Зайцев. По поводу статьи Павленко. Пробл. Сов. Геологии, 1934, №5.

5. Вебер В.И. Геологическая карта Средней Азии. Лист VII-6 (Исфара). Северная половина.
6. Везир-Заде. Лабораторные исследования Ганджинского урано-ванадата. Моющие и отбеливающие глины Азербайджана, изд. Журн. Аз. Нефти, 1931.
7. Вернадский В.И. О новом никелевом минерале — коловратите. ДАН'а, 1922.
8. Вернадский В.И. Краткий отчет о ходе исследования радиоактивных месторождений России летом 1914 г. ИАН, 1914.
9. Вернадский В.И. О необходимости исследования радиоактивных минералов России. Изд. 3-е. Труды Радиовой экспедиции А.Н., №1, 1914.
10. Вернадский В.И. О радиоактивных химических элементах в земной коре. Журн. Практич. Медицины, 1915, физиотерап., т. III.
11. Виноградов А.П. Ванадий в организмах. Труды Биогеохимической лаборатории А.Н., т. 2, 1932.
12. Кириков А.П. Тюя-Муюнское месторождение радия. Труды Геол. Ком'а. Нов. сер., вып. 181, 1929.
13. Комишан И.С. Нижняя часть долины р. Непайрама. Путеводитель экскурсий III Всесоюзн. геологич. Съезда, вып. 1, 1928.
14. Курбатов И.Д. и Игнатова Л.И. О новом минерале узбеките из Кара-Чагыра. ДАН, сентябрь 1926 г.
15. Курбатов И.Д. и Игнатова Л.И. О химическом составе Ra активного минерала из Кара-Чагыра. ДАН, №3, 1928.
16. Курбатов И.Д. и Коргин В.А. О химическом составе одной разновидности узбекита. ДАН, №5, 1927.
17. Курбатов И.Д. Соотношение Са и V в минералах Кара-Чагыра. ДАН, №3, 1928.
18. Курбатов И.Д. О дисперсных активных выделениях Тюя-Муюна.
19. Курбатов И.Д. Новое месторождение соединений урана и ванадия в Минусинском уезде, Енисейской губернии. ИАН, 1925, стр. 315.
20. Ковалевский С.А. Моющие и отбеливающие глины Азербайджана. Изд. Журн. Аз. Нефти, 1931.
21. Константинов С.В. Ванадий. КЕПС, Нерудн. Ископаемые, т. IV.
22. Лабазин Г.С. О месторождениях радиоактивных минеральных образований в Хакасском округе бывш. Енисейской губ. Труды ГГРУ, вып. 19, 1930.

23. Орлов И.А. Ванадий в углеобразных битумах. Журн. Прикл. Химии. Химия Твердого Топлива, 1933, IV вып., I.
24. Павленко Д.М. Новые данные о геологии и генезисе месторождения Тюя-Муюн в Узбекистане. Пробл. Сов. Геологии, 1933, №10.
25. Пилипенко П.П. К вопросу о генезисе агатов. Бюлл. М.О. испыт. природы, т. XII (2), 1934 г.
26. Преображенский И.А. Месторождения радиоактивных минералов Западной Ферганы. Труды по изуч. радия, т. II, 1926.
27. Сауков А.А. Исследование марганцовых минералов с Кара-Чагыра из Ферганской области. ДАН, апрель 1926 г.
28. Твалчрелидзе А.А. Минералы мезозойского вулканического цикла. Мин. ресурсы ССР Грузии, сборник, Тифлис, 1933.
29. Ферсман А.Е. О характере гипергенных процессов в местностях с пустынным климатом. ДАН, июль-сентябрь 1924 г.
30. Ферсман А.Е. Современные пустыни. Природа, 1926, №5–6.
31. Ферсман А.Е. К морфологии и геохимии Тюя-Муюна. Труды по изучению радия, т. III, 1928.
38. Флоренский К.П. (соавтор). О полевом методе определения ванадия. Труды Ломоносовского И-та, т. VIII.
39. Шубникова О.М. и Юферов К.Д. Справочник по новым минералам 1922–1932 гг. ОНТИ-НКТП, 1934.
40. Щербаков Д.И. Месторождения радиоактивных руд и минералов Ферганы. Мат. КЕПС, №47, 1924.
41. Щербаков Д.И. Поиски радиевых руд в Фергане. Изв. научн. техн. кружка металлургов и химиков при Политехнич. И-те, вып. ½. Л., 1925.
42. Щербаков Д.И. К геохимии Алайского хребта. Памирская экспедиция 1928 г., Труды, вып. VII, 1931.
43. Черник И.Д. Анализ руд Тюя-Муюна. ИАН, 1922, стр. 505.
44. Nettestein F. Some chemical experiments bearing on the origin of certain uranium-vanadium ores. Econom. Geology, 1918, p. 50.
45. Meller S.W. A comprehensive treatise on morganic and theoretical chemistry. Vol. IX, p. 741. London, 1929.