

Г. П. Барсанов, М. Е. Яковлева

О ТУРМАЛИНЕ ДРАВИТОВОГО СОСТАВА

ВВЕДЕНИЕ

В минералогии к настоящему времени накоплен большой фактический материал по различным свойствам минералов и по зависимости этих свойств от изменения состава основных компонентов (особенно в изоморфных рядах с широкой или непрерывной смесимостью), а также накоплены наблюдения, показавшие, что один и тот же минерал, образовавшийся в разных генетических условиях, имеет часто различный облик кристаллов, цвет, геохимическую характеристику примесей и т. д. Это сделало возможным поиски решения обратной задачи, т. е. по характерному облику, химизму, цвету и оптическим свойствам минерала пытаться установить конкретный генетический тип процесса и геохимические особенности среды его породившие.

Наиболее интересными в этом отношении являются, конечно, так называемые полигенетические минералы, которые могут образовываться и устойчиво существовать в широком диапазоне природных геохимических процессов и генетических условий. Вместе с тем, для нахождения и выделения каких-то типичных, как их часто называют «типоморфных», признаков, которыми можно было бы характеризовать особенности между разными индивидами одного и того же минерала, образовавшимися в разных генетических условиях, желательнее, чтобы «типоморфные» минералы обладали хорошей кристаллизационной способностью, по природе своей были бы бесцветны, но легко меняли цвет в зависимости от наличия того или иного хромофора, кристаллохимически представляли соединения с широкими возможностями изоморфизма, тонко реагировали изменением оптических свойств, габитусом кристаллов на условия образования, изменения геохимической среды и т. д.

Нам кажется важным и своевременным выявление таких «типоморфных» минералов. Оно должно протекать путем обобщения имеющегося материала и постановки дополнительных исследований для главных минералообразующих процессов, создание шкалы таких минералов-индикаторов для решения вопроса о генезисе минеральных месторождений. Эта задача близка к задачам так называемой геологической термометрии, решение которой поможет расширить и подойти с несколько иных позиций к той же цели, которую ставит перед собой геологическая термометрия.

Следует сказать, что постановка этого вопроса не является новой. Многие исследователи, работавшие над генетическими признаками, позволявшими подходить к генезису минеральных ассоциаций, к пониманию последовательности в генерациях минералов в месторождениях, выделяли «типоморфные» признаки для отдельных минералов и создавали

понятие о типоморфизме и даже типоморфных минералах. Эти понятия в том или ином виде начали входить в минералогическую литературу приблизительно с начала нашего столетия. Первоначально это были главным образом попытки связать облик и степень развития тех или иных форм кристалла какого-либо минерала с температурными условиями его образования, с физико-химической характеристикой среды, условиями кристаллизации, т. е. в конечном счете с его генезисом. Таковы работы Обенауэра, Калба, Маухера, Худобы, Коха (K. Obenauer, G. Kalb, H. Maucher, K. Chudoba, L. Koch) и других, пытавшихся с этой точки зрения разобрать габитус галенита и других сульфидов, кальцита, кварца, полевого шпата, дать типы кристаллов, характеризующих ту или иную температуру, тот или иной генетический процесс. В более ранних работах мало учитывалось влияние геохимической среды на облик кристалла, и только позднее (1932 г.) Обенауэр и другие начали связывать изменение облика так же с физико-химической и геохимической характеристикой среды, из которой кристаллизовался минерал.

В советской литературе, по-видимому, первым кто рассмотрел более подробно этот вопрос и дал определение типоморфизму и понятию «типоморфные минералы» был А. Е. Ферсман (1960), использовавший для развития этих идей работы Шнейдерхена (Schneiderchöhn) и Циссарца (Cissarz). Давая определение понятию «типоморфные минералы», А. Е. Ферсман писал: «Типоморфными минералами мы называем минералы, занимающие по тем или иным причинам определенное место в геохимическом процессе... Они... определяют условия и время, т. е. геофазу геохимического процесса...» Подчеркивая важность понимания типоморфизма для расшифровки генезиса, А. Е. Ферсман далее пишет: «Типоморфным может являться в ходе процесса сам минерал как таковой... но это бывает сравнительно редко; чаще типоморфными являются *отдельные свойства* минерала, определяющие те или иные его черты, характерные для данного момента процесса. Такими чертами могут служить изменения в химическом составе, в окраске, в содержании изоморфных подмесей, в кристаллическом облике или полиморфной модификации. Детальный геохимический и морфологический анализ может дать в этом отношении много характерных черт и приобрести важное диагностическое значение. К сожалению, недостаток точных внешних описаний, особенно в работах последнего времени, не позволяет достаточно детально осветить этот вопрос, до новых, специально поставленных исследований» (Ферсман, 1960, стр. 297).

В своих работах А. Е. Ферсман неоднократно развивал эти положения, достаточно четко сформулированные, эти же положения нашли отражение в работе ряда советских исследователей по кварцу, касситериту, апатиту и некоторым другим минералам, однако и до настоящего времени эта интереснейшая и важная проблема широко не исследуется.

Авторы настоящей статьи попытались начать исследования в этом направлении, приступив к сводке имеющегося фактического материала, выбрав турмалин, отвечающий тем требованиям к «типоморфным» минералам, о которых говорилось выше. Как известно, в минеральный вид «турмалин» входит сложная и весьма разнообразная группа минеральных разновидностей и в первую очередь изоморфный ряд шерла — дравита, в котором границы между крайними членами не являются определенными и ясными. В данной статье, являющейся первой, мы попытались разграничить понятие «дравит» от «шерла», дать характеристику типоморфных признаков дравита, пределы колебания состава и свойств внутри дравита, и, наконец, рассмотреть некоторые закономерности, которые связывают изменение состава и свойств дравитов, в зависимости от условий образования их в различных типах месторождений, связанных с различной геологической средой.

Авторы понимают, что в приводимой статье сделаны только самые общие и первоначальные выводы, однако сводка и некоторый анализ с позиций «типоморфизма» имеющихся данных может представить определенный интерес для дальнейшей работы в этом направлении.

В минералогических справочниках и учебниках (Дана, 1937; Винчелл, 1949; Бетехтин, 1950; Strunz, 1957) дравитом названа магнезиальная разность турмалина, обладающая преимущественно светло-бурой окраской, реже бесцветной и буро-черной, а шерлом — железистая разность, окрашенная в черный цвет. Дравит и шерл являются конечными членами шерл-дравитового изоморфного ряда.

Приступая к данной работе, авторам, как уже сказано выше, прежде всего необходимо было ограничить определенными рамками понятие «дравит». Для этой цели были привлечены химический состав, цвет и оптические свойства минерала. Известно, что цвет турмалина зависит от присутствующих в его составе хромофоров. Последними в турмалине являются Ti^{4+} , Cr^{3+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} и очень редко V^{3+} . Из построенного на основании многих анализов графика (рис. 1), в котором по оси абсцисс отложены суммы окислов перечисленных хромофоров¹, а по оси ординат — содержание MgO , выяснилось, что макроскопически различимый бурый тон в окраске турмалина, в основном, ограничивается 7,23% суммы окислов хромофоров, при этом содержание MgO в маложелезистых разностях опускается почти до 6,44%. Исключение составляют единичные турмалины бурого цвета с очень высоким содержанием суммы окислов хромофоров и относительно богатые MgO , попадающие в поле черного шерла, как например темно-коричневый турмалин с Цейлона (Becht, 1913), и темно-бурые разности с Украины (Юрк и др., 1960). Однако в пределах отмеченных границ распространения бурой окраски турмалина встречаются также турмалины зеленого, голубого и черного цвета.

Таким образом, под дравитом в данной работе подразумевается турмалин с содержанием MgO от 6 до 15% и суммы окислов хромофоров до 7,5%. Что касается цвета, то преобладает желтый, коричневый и бурый разной степени интенсивности, но, кроме того, может быть бесцветный, серый, зеленый, голубой и черный.

Из опубликованной литературы авторами собрано 79 полных химических анализов дравита с 57 месторождений. К сожалению, для шести месторождений, имеющих анализированные дравиты (см. табл. 9), авторы не могли установить условия их нахождения. В разной степени оха-

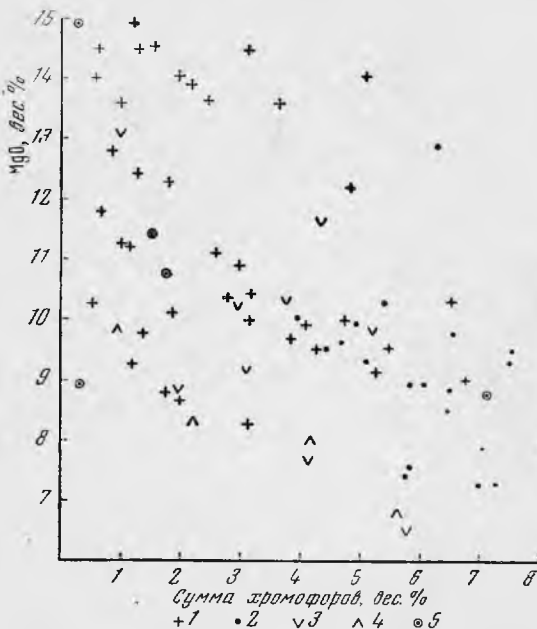


Рис. 1. Зависимость окраски дравита от содержания в нем суммы окислов хромофоров.

Цвета: 1 — светло-желтый, коричневый, бурый; 2 — черный; 3 — зеленый; 4 — голубой; 5 — бесцветный, серый

¹ Несовершенство графика состоит в том, что далеко не у всех анализированных турмалинов определены содержания данных хромофоров.

рактированные месторождения были классифицированы на следующие семь групп: 1) дравиты, связанные с известняками, доломитами, гипсами; 2) с гнейсами, сланцами, кварцитами, адинолами и др. 3) с гранитами и пегматитами; 4) с кварцевыми жилами; 5) с гидротермальными рудными проявлениями; 6) с метаморфизованными породами основного состава; 7) с «реакционными» образованиями².

В перечисленные группы, кроме месторождений с химически анализированным дравитом, авторы включили также точки, в которых дравит либо охарактеризован только оптически, а иногда и частичным химическим анализом, либо только упоминается о его находке с характерной цветовой. Естественно поэтому, что авторы не претендуют на безошибочность примеров в выделенных ими группах, так как вполне отдают себе отчет, что часть приведенного ими материала, если он будет когда-либо химически проанализирован, может оказаться не соответствующим тем рамкам понятия «дравит», которыми они себя ограничили.

Для выяснения причин окраски авторами отобраны девять образцов дравита из коллекции Минералогического музея АН СССР на определение содержания в них окислов Ti^{4+} , Fe^{3+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} , что и было выполнено химиком-аналитиком Г. А. Осолодкиной.

ДРАВИТЫ ИЗ КАРБОНАТНЫХ ПОРОД И ГИПСОВ

СССР. Якутская АССР. Дравит встречен совместно с паргаситом в кальцифере Алдано-Слюдянского метаморфического комплекса (Коржинский, 1944—1945).

Австрия. Штирия. Штайнц: 1) около курорта Зауэрбрунн (Sauerbrunn-Graben) в известняке развит светло-коричневый и коричнево-черный, толстостолбчатый большей частью без головок, радиально-лучистый турмалин; 2) около Варнблиха (Warnblich) в известняке встречается мелкий желтовато-коричневый турмалин (Zepharovich, 1859, 1893; Hintze, 1897).

Швейцария. 1. Кanton Тессин (Gübelin, 1939). У Камполунго (Camprolungo) в доломите присутствует турмалин с хорошо развитыми призматическими и конечными гранями светло-зеленого до спарже-зеленого цвета. В Пассо-Кадониго (Passo Cadonighino) кристаллы турмалина имеют размеры от 3×1 до 15×5 мм. Крупные образования травяно-зеленого до светлого изумрудно-зеленого цвета, красивые на просвет. Химический состав их и оптические свойства приведены в табл. 1 (анализ 1). Мелкие индивиды часто абсолютно чистые, бледного травяно-зеленого и желтовато-зеленого цвета. Турмалин присутствует либо как составная часть доломитового мрамора, либо развивается в гнездах и имеет хорошо развитые концы. Сопутствующими минералами являются: лимонитизированный пирит, мусковит, кальцит, диаспор; реже — тальк, графит, светло-голубой дистен. В Альпе-Кадониго (Alpe Cadonighino) присутствуют мелкие (не более 4 мм) кристаллы турмалина, бледного яблочно-зеленого цвета. Кристаллы двуконечные. Турмалин неравномерно рассеян в породе и сопровождается флогопитом, пиритом, графитом, кальцитом, скаполитом, дистеном, рутилом и титанитом. В Альпе-Камполунго (Alpe Camprolungo) турмалин яблочно-зеленого и травяно-зеленого цвета с хорошо развитыми конечными гранями, прозрачный как стекло. Размер кристаллов до 15×3 мм. Сопровождающие минералы: кварц, пирит, флогопит, скаполит, дистен, медная руда.

В Альпе-Кадониго встречен также турмалин светло-коричневого

² Группа месторождений, относимых к «реакционным» образованиям, выделяется авторами условно. Сюда относятся месторождения турмалина в различного типа пегматитах «скращения», десилипированных пегматитах, контактово-метасоматических образованиях, контаминированных горных породах, на контактах и др.

Состав и свойства дравита из карбонатных пород (в %)

Компоненты	1	2а	2б	2в	2г	3а	3б	4	5	6	7	8а	8б
SiO ₂	35,94	38,85	37,39	35,96	35,94	36,88	36,72	37,05	35,25	33,72	35,29	35,46	36,51
TiO ₂	0,32	—	1,19	0,14	0,79	0,12	0,05	0,62	0,65	—	0,025	—	—
B ₂ O ₃	11,20	8,35	10,73	10,73	10,94	10,58	10,81	10,28	10,45	10,00	10,56	11,36	—
Al ₂ O ₃	31,08	31,32	27,79	30,85	28,92	28,87	29,68	28,61	28,49	25,88	28,93	29,58	30,00
Fe ₂ O ₃	—	—	0,10	—	0,43	—	—	0,44	—	1,82	2,35	—	—
FeO	0,54	1,14	0,64	0,76	—	0,52	0,22	1,31	0,86	3,23	0,70	0,50	0,82
MnO	0,05	—	—	—	0,01	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	13,07	14,89	14,09	13,67	14,43	14,53	14,92	13,66	14,58	14,07	14,53	14,04	12,84
CaO	1,31	1,60	2,78	2,41	3,82	3,70	3,49	2,97	5,09	6,92	5,49	5,13	3,91
Li ₂ O	—	—	—	—	(<0,01%)	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	4,41	1,28	1,72	1,63	1,09	1,39	1,26	1,45	0,94	2,52	1,72	0,23	0,72
K ₂ O	0,69	0,26	0,16	0,09	0,06	0,18	0,05	0,31	0,18	0,20	0,22	0,20	0,54
H ₂ O ⁺	1,28	2,31	3,83	4,16	3,07	3,56	2,98	3,05	3,10	1,80	0,70	3,55	4,17
H ₂ O ⁻	Нет	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
F	»	—	—	—	1,15	0,50	0,93	1,25	0,78	—	0,84	—	—
С у м м а	99,89	100,00	100,42	100,40	100,65	100,83	101,11	101,00	100,37	100,16	101,355	100,05	—
Уд. вес	3,0534	3,049	—	3,050	3,045	3,085	3,050	3,066	3,068	—	3,07	3,054	3,066
Ng	1,6274	—	—	1,637	1,6375	—	1,6331	1,6348	1,6384	—	—	1,6409	1,6443
Np	1,6075	—	—	1,6160	1,6172	—	1,6138	1,6143	1,6182	—	—	1,6214	—
Ng — Np	0,0199	—	—	0,021	0,0203	—	0,0193	0,0205	0,0202	—	—	0,0195	—
С у м м а хромофоров	0,91	1,14	1,93	0,90	1,23	0,64	0,27	2,37	1,51	5,05	3,075	0,50	0,82

1 — светло-зеленый, Швейцария, кантон Тессин, Камполунго, Пассо-Кадонигино (Gübelin, 1939) у автора сумма 100,05; 2а, 2б, 2в — коричневый, США, штат Нью-Йорк, Гавернур: 2а — Hintze (1897); 2б — Riggs (1888); 2в — Kunitz (1929), Wülfing (1900); 2г — коричневый, США, штат Нью-Йорк, Гавернур (Rath, Puchelt, 1959); 3а — светло-коричневый до бесцветного (Riggs, 1888), 3б — бесцветный (Doelter, 1917, Wülfing, 1900) США, штат Нью-Йорк, Де-Калб; 4 — желто-коричневый, США, штат Нью-Йорк, Мак-Комб (Becht, 1913); 5 — коричневый, США, штат Нью-Джерси, Хамберг (Hintze, 1897; Wülfing, 1900); 6 — коричневый, США, штат Нью-Джерси, Мак-Афи (Sargent, 1901); 7 — красновато-коричневый, Канада, провинция Онтарио, Ренфру (Bruce, 1917); 8а — светло-коричневый, Цейлон (Becht, 1913); у автора нет суммы; 8б — бурый, Цейлон (Becht, 1913); анализ неполный.

цвета, образующий отдельные призматические кристаллы до 10×3 мм и редко группы. Сопутствующие минералы: флогопит, мусковит и лимонитизированный пирит. Турмалин содержит большое количество жидких включений, зерен карбоната, кварца, чешуек графита.

Губелин (Gübelin, 1939) минералообразование в доломитах связывает с региональным метаморфизмом, протекавшим без существенного привноса. Минералы кристаллизовались за счет примесей, присутствующих в доломитовых осадках. Зеленый цвет турмалина он объясняет низким содержанием FeO. Куниц (Kunitz, 1929) считает, что метаморфизм доломитов Камполунго протекал с привносом щелочей и глинозема газовой фазой и что турмалин является самым поздним образованием, связанным с метасоматическими процессами. Зеленый цвет турмалина он объясняет присутствием NiO.

2. Б и н н е н т а л ь. (Binnenthal). Месторождение также приурочено к доломиту (Engelman, 1878; Hintze, 1897; Gübelin, 1939). Цвет турмалина светло-зеленый, желтоватый, коричневато-зеленоватый, сине-зеленый, зеленый, серо-желтый, коричневый, медовый. Кристаллы полупрозрачные и совершенно прозрачные огранены призмами и конечными гранями. Иногда кристаллы сростаются в параллельные агрегаты. Уд. вес. 2,925. Турмалин сопровождается реальгаром, сфалеритом и свежим пиритом.

В Турпене (Turpen) в верховьях Бинненталя (Hintze, 1897) желтовато-коричневый турмалин встречается в известняке, переслаиваемом с доломитами. Кристаллы турмалина, вросшие в известняк, сопровождаются слюдой, пиритом, кварцем, кальцитом. Здесь же коричневато-желтые и коричневые, полупрозрачные и прозрачные, хорошо ограненные кристаллы турмалина развиты в прожилках в кальцитово-сланцевом сланце, а зеленовато-медово-желтые кристаллы совместно с кварцем, адуляром, рутилом и хлоритом присутствуют в кристаллическом кварце, который образует крупные выделения в доломите.

Франция (Lacroix, 1893, 1895, 1910).

1. Н и ж н и е П и р е н е и. На Лисе (Lys) коричневый турмалин встречается в гипсе в сопровождении лейхтенбергита, рутила, доломита, пирита. Двуконечные кристаллы размером до 3 см в диаметре и до 1,5 см в высоту обладают большим количеством граней. Плеохроизм по Ng темный коричнево-желтый, по Nr светло-желтый до бесцветного. **2. А р ь е ж.** В Арнаве (Arnavé), около Тараскона, коричневые кристаллы турмалина развиты в ангидритовых гипсах. Двуконечные кристаллы хорошо огранены. Размеры их редко достигают 8 мм. Турмалин иногда сопровождается небольшим количеством лейхтенбергита или актинолита. **3. В е р х н я я Г а р о н н а.** В известняках Сен-Беа (Sait-Béat) встречаются редкие кристаллы хромсодержащего турмалина красивого зеленого цвета размером до нескольких сантиметров в длину.

По мнению Лакруа, турмалин в перечисленных месторождениях образовался при метаморфизме известняков, вызванном внедрением перцолитов и офитов. Однако существуют также мнения о связи метаморфизма с глубинными гранитами (Agrell, 1941).

Алжир (Lacroix, 1893) Уэд-Буман (Oued-Bouman) и Уэд-Харраш (Oued-Harrach); в известняках и гипсах развиты красивые двуконечные кристаллы турмалина до 2—3 мм в длину. Кристаллы бесцветные, зеленые разных оттенков, бледно-желтые или темно-желтые. Такие же кристаллы встречаются в известняках в окрестностях дер. Арбы (Arba) недалеко от Уэд-Джемма (Oued-Djemma). Сопутствующие минералы: пирит, кварц, хлорит, рутил и редко альбит.

США. **1. Ш т а т Н ь ю - И о р к:** а) вблизи Гавернура (Riggs, 1888; Hintze, 1897; Dana, 1911; Rath, Puchelt, 1959) турмалин присутствует в известняке, где он образует прекрасные, толстостолбчатые, хорошо ограненные

двуконечные с большим числом граней кристаллы, от светло- до темно-коричневых и красно-коричневых цветов. Сопутствующими минералами являются кварц, апатит, скаполит, тремолит, сфен. Кристаллы содержат большое количество окислов титана. Химические анализы и оптические свойства турмалина приведены в табл. 1 (анализ 2). Кроме того, в образце коричневого цвета (Минералогический музей АН СССР, № 51714) определено: 0,43% Fe₂O₃; 0,20% FeO; 0,55% TiO₂; следы MnO; Ng=1,637 и Nr = 1,616; б) около Де-Калба (Riggs, 1888; Hintze, 1897; Doelter, 1917) в плотном кальците присутствуют призматические двуконечные кристаллы турмалина от бесцветных воднопрозрачных до светло-коричневых почти непрозрачных разновидностей. Сопутствующие минералы: голубовато-зеленый апатит, скаполит, светло-серая роговая обманка. Химические анализы и оптические свойства турмалина приведены в табл. 1 (анализ 3). Кроме того, в образце светло-желтого цвета (Минералогический музей АН СССР, № 51715) определено: 0,21% Fe₂O₃; 0,42% FeO; следы TiO₂; следы MnO; Ng = 1,632 и Nr = 1,612; в) в Порт Генри встречаются в известняке такие же кристаллы турмалина, как и в Гавернуре (Dana, 1911); г) около Ньюкомба (Hintze, 1897) прекрасные коричневые кристаллы турмалина обнаружены в известняке вместе с графитом, апатитом, титанитом, цирконом, скаполитом, пироксеном и тремолитом; д) у Кингсбриджа коричневые, желтовато- или красновато-коричневые кристаллы турмалина обнаружены в доломите (Dana, 1911); е) в стороне от поселка Амити (Amity) желтые и цвета корицы кристаллы турмалина встречаются в кальците совместно со шпинелью, а около самого поселка встречаются гвоздично-коричневого цвета кристаллы в зернистом известняке вместе с роговой обманкой и рутилом (Dana, 1911); ж) в Мак-Комбе (Becht, 1913) в грубозернистом кальците описаны совместно с графитом и светло-зеленой роговой обманкой единичные хорошо ограниченные кристаллы и агрегаты зерен темно-коричневого и желтовато-коричневого турмалина. Химический состав и оптика в табл. 1 (анализ 4).

2. Ш т а т Н ь ю - Д ж е р с и : а) у Хамберга (Riggs, 1888; Hintze, 1897) крупные коричневые кристаллы турмалина вместе с кварцем и белой слюдой присутствуют в кальците. Химический анализ и оптика в табл. 1 (анализ 5); б) около Франклина и Ньютона черный и коричневый турмалин присутствуют в известняке совместно со шпинелью; кроме того, около Франклина в известняке встречаются кристаллы турмалина травяно-зеленого цвета (Hintze, 1897; Dana, 1911); в) вероятно, к этому же типу месторождения относится коричневого цвета турмалин из Мак-Аффи (Mc-Affee), анализированный Сэргентом (Sargent, 1901), который не указывает условий нахождения. Химический состав в табл. 1 (анализ 6).

3. Ш т а т П е н с и л ь в а н и я . В графстве Честер турмалины встречаются: а) в известняке Нью-Гардена в виде светло-коричневых и желтых иногда прозрачных кристаллов (Dana, 1911); б) в карьере Невина (Nevin) в Лондон Британе (London Britain) в гидротермально-измененных известняках турмалин желтого и коричневого цвета развит совместно с доломитом, тремолитом, вернеритом, флогопитом, апатитом, рутилом, титанитом и арагонитом (Gordon, 1922), в) в Авондейле (Avondale) и Лондон Грейве (London Grave) в гидротермально-метаморфизованных известняках коричневый и желтый турмалин присутствует наряду с тремолитом, амфибол-асбестом, апатитом, эпидотом и рутилом (Gordon, 1922); г) в Пенне (Penna), в карьере Гранитной компании у Лондон Грейва, гидротермально-измененные известняки содержат коричневый турмалин, амфибол и горную кожу (Gordon, 1922); д) в карьерах До-Ран (Doe Run) у Уэст Марлборо (West. Marlboro), в гидротермально-метаморфизованных известняках коричневый и желтовато-зеленый турмалин присутствует вместе с кварцем, тремолитом, вернеритом, везувианом, пиритом (Gordon, 1922).

Канада. 1. П р о в и н ц и я К в е б е к: а) у Кальюмет-Фолса (Columet Falls) в графстве Понтиак (Pontiac) встречаются в известняке прекрасные зеленовато-желтые или желтовато-коричневые кристаллы турмалина до 2,5 см в поперечнике; б) у Хантерстауна (Hunterstown) в Восточной Канаде прозрачные коричневые хорошо ограненные кристаллы турмалина встречаются с гранатом и везувианом (Hintze, 1897; Dana, 1911).

2. П р о в и н ц и я О н т а р и о. Около г. Ренфру встречается красновато-коричневый турмалин в известняке совместно с пирротинном, титанитом и мусковитом. Турмалин представлен как зернами, так и мелкими двуконечными призматическими кристалликами. Содержит большое количество включений графита. Плеохроизм от бесцветного до светло-коричневого. Химический состав в табл. 1 (анализ 7) (Bruce, 1917).

Цейлон (Воробьев, 1901). Турмалин от очень светлого до темно-коричневого цвета встречается в виде гальки иногда очень больших размеров. Галька совершенно лишена трещин раскола и только окатана. Это свидетельствует о том, что первоначальные кристаллы не были трещиноватыми и окатывались в разрыхленном мягком материале. В. И. Воробьев (1901) высказывает предположение, что первоначальной породой, содержащей эти турмалины «была какая-нибудь из сравнительно мягких пород, например известняк» (стр. 52). Кристаллы турмалина обладают почти всеми возможными для него формами. На одном из кристаллов обнаружено 59 разных форм.

Судя по химическому составу (табл. 1, анализ 8) турмалин с Цейлона очень близок по высокому содержанию MgO и CaO к турмалинам из карбонатных пород. В образце темного красновато-коричневого цвета (из Минералогического музея, № 11258) определено: 1,00% Fe₂O₃; 0,67% FeO; 0,69% TiO₂; MnO нет; Ng = 1,640 и Np = 1,618. На основании состава и предположения В. И. Воробьева, турмалин с Цейлона отнесен по генезису к описываемой группе. К этой же группе относит его Куниц (Kunitz, 1929).

ДРАВИТ ИЗ ГНЕЙСОВ, СЛАНЦЕВ, КВАРЦИТОВ, АДИНОЛОВ И ДР.

СССР. Ю ж н а я Я к у т и я (Сердюченко, Глебов, 1960). На магнетитовом месторождении Таежное дравит входит в состав ряда пород. В кварцитах желто-бурый турмалин присутствует в ограниченном количестве, концентрации же его приурочены к крупно-кристаллическим обособлениям кварца и микроклина, имеющим характер инъекций. В них турмалин ассоциирует с кварцем, образуя субграфические сростания. В кварцитах мелкозернистый турмалин расположен преимущественно параллельными полосами и цепочками, обычно согласными с полосчатостью породы, и нередко тесно связан с силлиманитом. Величина зерен турмалина достигает 2,5—3,0 мм по длинной оси. Химический анализ и оптика турмалина из турмалино-силлиманитового кварцита, содержащего небольшие скопления джюмортьерита, приведены в табл. 2 (анализ 1). Плеохроизм по Ng слабый светло-зеленовато-желтый, по Np светло-желтый до бесцветного.

В участках тонкополосчатых гнейсов коричневый турмалин входит в состав прослоев, состоящих по объему из 15% кварца, 15% турмалина и 70% полевого шпата; турмалин плеохроирует по Ng светло-желтым, по Np бесцветным.

В турмалино-биотито-силлиманито-графитовых парагнейсах турмалин коричневатого-красного цвета образует линзовидные скопления или почкообразные выделения, местами послойно чередующиеся с биотитом, силлиманитом и иногда встречающийся вместе с ними. Он сингенетичен другим пороодообразующим минералам и в местах перекристаллизации

укрупняется. Размер зерен 0,1—1,0 мм. Химический анализ и оптика данного дравита — в табл. 2 (анализ 2).

Плеохроизм его по Ng светло-желтый и по Np бесцветный. На стыках с зернами пирита дравит с краев приобретает бледно-синевагую окраску.

Д. П. Сердюченко и А. В. Глебов (1960) считают, что турмалин в описываемых породах образовался при метаморфизме борсодержащих осадочных пород.

Польша. Н и ж н я я С и л е з и я, уезд Стшелин (Strzelin), окрестности Еглова (Jęglowej). Дравит коричневого цвета присутствует в сливных кварцитах и в секущих их кварцево-турмалиновых жилах (стр. 55). Образование турмалина связывается с контактово-термическим метасоматозом, вызванным внедрением гранитов (Chmura, Lewowicki, 1958).

Чехословакия. М о р а в и я. Остружна (Ostružná, бывш. Spornhau). В слюдяном сланце встречается коричневый турмалин, плотные агрегаты и волокна которого различимы только под микроскопом (Zepharovich, 1893).

ФРГ. Б а в а р и я, Шпессарт (Kunitz, 1929). В гнейсах присутствует турмалин в виде черных кристаллов, лишенных конечных граней. Химический анализ его и оптика — в табл. 2 (анализ 3).

Франция. В а н д е я, Ле-Сабль-д'Оллонн. В слюдяных сланцах присутствуют бипирамидальные кристаллы коричневого турмалина, часто прозрачные, размером до 4 см в длину (Lacroix, 1910).

Англия. Г р а ф с т в о К о р н у э л л, Динас Хед (Dinas Head) (Agrell, 1941). Дравит присутствует как акцессорный минерал в спилозитах и адинолах, а также является существенной составной частью переслаивающихся с ними пород.

Дравит в адинолах образует изолированные иголки или пучки иголок, имеющих размеры либо такие же как и минералы основной массы породы, либо более крупные. Более крупный дравит приурочен к обособлениям кварца, содержащего также рутил. $N_g = 1,631$, $N_p = 1,610$; бесцветный до очень светло-зеленого.

С адинолами и спилозитами переслаиваются дравитовые и дравит-серицитовые породы. В дравит-серицитовых породах под микроскопом различимы серицит, лейкоксен и неправильные слабо закругленные скопления дравита 1—2 мм в диаметре. Каждое скопление состоит из параллельно растущих иголок, зонально окрашенных от темно-серой, скорее опаковой, внешней зоны до бесцветной внутренней зоны со светло-коричневыми тонкими дихроичными частицами. Светопреломление дравита $N_g = 1,630$, $N_p = 1,611$.

Дравитовые породы делятся на три группы: 1. Плотные, тонкозернистые с тонкой полосчатостью. Под микроскопом в них наблюдается переход от разностей богатых серицитом до разностей, состоящих преимущественно из бесцветного или очень светло-коричневого дравита, образующего скопления мелких иголок, параллельно ориентированных в плоскости полосчатости. Очень редко обнаруживается идиоморфный турмалин с плеохроизмом от бесцветного до светло-оливково-зеленого. Встречаются обособленные кристаллы кварца и альбита, содержащие длинные иглы дравита и окруженные очень густым войлоком дравита. Частичный анализ дравитовой породы показывает, что дравит в ней составляет 70—80%.

2. Мелкозернистые полосчатые породы: а) тонкополосчатые однороднозернистые, состоящие под микроскопом из иголок бесцветного дравита размером 0,01—0,10 мм в длину; б) линзовидно-полосчатые под микроскопом похожие на предыдущие, но в линзочках наблюдается хорошая ориентировка крупных зерен параллельно растущего дравита, концентрация кальцита по краям и почти полное отсутствие лейкоксена. Сохранение дравита около 70—80%; в) мелкозернистые породы с тонкими

полосами белого порошкового материала. Мелкозернистая масса под микроскопом состоит из тонких бесцветных или очень бледно-зеленых иголочек дравита размером 0,05—0,10 мм в длину с лейкоксеном и карбонатом. В белом порошковом материале иглы дравита достигают 0,25 мм в длину и уложены крест на крест без мезостазиа; светопреломление дравита $N_g = 1,631$ и $N_p = 1,610$; встречаются случайные скопления кварца с включениями иголочек дравита.

3. Сферолитовые мелкозернистые дравитовые породы, состоящие под микроскопом из массы мелких сферолитов бесцветного дравита от 0,02 до 0,06 мм в диаметре; присутствуют лейкоксен и кальцит. Химический анализ и оптика дравита приведены в табл. 2 (анализ 4).

Т а б л и ц а 2

Состав и свойства дравита из кварцитов, сланцев, гнейсов, адинолов (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6
SiO ₂	33,70	37,18	35,34	39,73	37,70	36,46
TiO ₂	0,60	1,12	0,58	Нет	—	—
B ₂ O ₃	9,30	10,60	10,14	8,84	7,82	10,15
Al ₂ O ₃	37,31	31,02	33,48	37,32	34,26	35,06
Cr ₂ O ₃	—	Нет	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	1,89	0,58	—	0,26	—	—
FeO	0,60	0,92	4,69	0,61	4,42	1,33
MnO	Следы	0,004	0,12	Нет	—	—
MgO	8,24	11,10	9,32	7,12	9,51	10,15
CaO	2,44	2,64	0,38	0,53	1,25	1,46
Li ₂ O	—	0,004	—	Нет	—	—
Na ₂ O	2,26	2,22	2,38	1,24	2,00	1,15
K ₂ O	1,09	0,25	0,37	0,65	0,43	—
H ₂ O ⁺	0,95	1,32	3,57	3,70	2,61	3,57
H ₂ O ⁻	0,79	0,20	—	Нет	—	—
F	Следы	Нет	—	Следы	—	0,38
P ₂ O ₅	0,19	0,003	—	—	—	—
V ₂ O ₃	—	0,005	—	—	—	1,50
S	—	0,27	—	—	—	—
CO ₂	—	0,95	—	—	—	—
С у м м а	99,36	100,39	100,37	100,00	100,00	101,21
Уд. вес	—	—	3,097	—	3,072	3,153
Ng	1,643	1,644	1,646	1,631	—	1,644
Np	1,623	1,620	1,620	1,610	—	1,622
Ng — Np	0,020	0,024	0,026	0,021	—	0,022
С у м м а хромофоров	3,09	2,63	5,39	0,87	4,42	2,89

1 — желто-бурый, СССР, Южная Якутия, м-ние Таежное, (Сердюченко, Глебов, 1960); 2 — коричневатого-красный, СССР, Южная Якутия, м-ние Таежное, присутствуют следы PbO, в статье сумма 100,22% (Сердюченко, Глебов, 1960); 3 — черный, ФРГ, Бавария, Шпессарт; в статье сумма 100,23% (Kunitz, 1929); 4 — Англия, Графство Корнуэлл, Динас Хед (Agrell, 1941); 5 — черный, Гренландия, Готхоб, Карусулик (Hintze, 1897; Vogild, 1953); 6 — зеленый, Экваториальная Африка, Танганьика, провинция Танга, Гереви-Хилс, присутствуют 0,05% CuO и 0,01% NiO (Bassett, 1956).

Нахождение дравита в адинолах явление исключительно редкое. Эйгрелл (Agrell, 1941) считает, что термальный метаморфизм осадочных пород и превращение их в адинолы связаны с внедрением альбитовых долеритов, тогда как турмалинизация произведена, вероятно, гипотетическим гранитом, тепловое воздействие которого способствовало развитию сферолитовых адинол путем рекристаллизации.

Гренландия. Готхоб, Карусулик (Qarusulik) (Hintze, 1897; Bog-gild, 1953). Черный турмалин встречается в крупнозернистом слюдяном сланце, он находится в слюде в виде единичных выделений и групп, обычно вместе с кварцем и актинолитом. Кристаллы турмалина либо состоят из несколько параллельно ориентированных участков, либо имеют характер правильных образований. Самый большой кристалл имеет размеры 13 см в длину и ширину и весит 1972 г. Плеохроизм сильный: темный голубовато-серый до светло-красноватого. Химический анализ турмалина в табл. 2 (анализ 5).

Япония. Префектура Ибараки. Хирасава (Sugi, 1930). Турмалин развит в породах, образовавшихся в результате инъекции гранита в осадочные породы. К ним относятся: а) силлиманит-биотитовые породы, в которых турмалин наиболее распространен среди аксессуарных. Он образует длинные призмы, ориентированные параллельно сланцеватости и распределен неравномерно; особенно обилен в породах около аплитовых жил. Турмалин темный, желтовато-коричневый с сильным плеохроизмом: Ng темный желтовато-коричневый и Np светло-коричневый, часто зональный с ядром более темным, чем внешняя зона. $Ng = 1,648$, $Np = 1,622$; $Ng - Np = 0,026$; б) Биотитовые породы, в которых темно-коричневый турмалин присутствует в виде хорошо развитых призм с $Ng = 1,649$, $Np = 1,624$; $Ng - Np = 0,025$.

Танганьика. Провинция Танга, Гереви-Хилс (Gerevi Hills). В гнейсах присутствует ванадийсодержащий турмалин (табл. 2, анализ 6). Цвет варьирует от светло- до темно-зеленого и коричневатозеленого; светопреломление наибольшее равно 1,650 и наименьшее 1,622, уд. вес колеблется от 3,027 до 3,153. Хром в турмалине отсутствует (Bassett, 1956; Mc Kie, 1956; Webster, 1961).

Образование турмалина в кварцитах, сланцах, гнейсах и адинолах связывается одними исследователями с внедрением гранитной магмы, вызывающей метаморфизм осадков и несущий бор (Sugi, 1930; Agrell, 1941; Chmura, Lewowicki, 1958), другими же, согласно установленным В. М. Гольдшмидтом и К. Петерсом (1938) фактам распространения в глинистых осадках значительных количеств борной кислоты, образование турмалина объясняется метаморфизмом борсодержащих осадочных пород (Сердюченко, 1955; Frondel a. Collette, 1957; Сердюченко и Глебов, 1960).

ДРАВИТ ИЗ ГРАНИТОВ

СССР. Южное Приморье. Приханкайский район (Руб, 1960). Голубой турмалин присутствует в грейзенированных порфиroidных гранитных дайках, развитых вблизи контакта с известняками. Химический состав и оптика приведены в табл. 3 (анализ 0). Спектрально обнаружены Pb, Sn, Ag, Ga, Cu, Sr, Li, Be. Турмалин образует призмы и лучистые агрегаты.

ФРГ. Саксония. В гранитном массиве Эйбеншток выделяются участки мусковитово-турмалиновых аплитовидных гранитов. Темно-зеленый турмалин распределен в породе неравномерно. Он образует вытянутые концентрические, звездообразные полосы и иглообразные скопления величиной с голову. Турмалиново-мусковитовые граниты по мнению Тейшера (по данным А. П. Лебедева, 1939) представляют

Состав и свойства драгита из гранитов и пегматитов (в %)

Компоненты	0	1	2	3	3а	3б	3в	3г	3д	4	5	6
SiO ₂	32,60	37,75	36,80	35,68	38,03	38,01	37,17	38,39	36,87	37,11	35,38	36,66
TiO ₂	Следы	—	0,18	—	0,13	0,34	0,26	0,06	0,18	—	—	0,71
B ₂ O ₃	10,00	9,14	9,63	9,45	10,65	10,72	11,07	11,14	10,86	9,29	10,24	9,91
Al ₂ O ₃	33,43	30,86	37,14	35,45	35,02	36,68	38,12	35,76	33,73	31,26	33,01	35,95
Cr ₂ O ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,04
Fe ₂ O ₃	—	—	0,18	—	0,35	0,81	1,42	0,84	1,75	—	—	2,48
FeO	4,23	4,36	1,80	1,95	—	—	—	—	—	7,58	6,52	3,87
MnO	1,36	—	Следы	—	0,01	0,02	0,03	0,02	0,01	—	—	0,02
MgO	6,80	11,62	8,33	8,67	10,26	9,28	8,73	9,84	10,78	9,43	8,43	7,24
CaO	6,00	0,88	0,41	0,77	0,54	0,12	Следы	0,24	1,01	0,80	0,30	1,18
Li ₂ O	—	—	Нет	—	—	—	—	—	—	—	—	0,09
Na ₂ O	2,71	2,27	1,60	4,24	0,54	0,52	0,50	0,58	0,95	1,78	2,39	0,92
K ₂ O	0,36	0,30	0,08	0,29	0,29	0,29	0,20	0,29	0,40	0,32	0,28	0,37
H ₂ O ⁺	} 2,66	2,82	4,48	} 4,45	3,40	3,16	3,12	3,38	4,01	} 2,43	3,65	1,18
H ₂ O ⁻												
F	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	Нет	Нет
С у м м а	100,15	100,00	100,43	100,35	99,54	100,29	100,84	100,94	100,87	100,00	100,20	100,84
Уд. вес	—	3,034	3,03	—	—	—	—	—	—	3,107	3,132	3,089
Ng	1,640	—	1,636	—	1,637	1,637	1,637	1,637	1,624	—	1,658	1,655
Np	1,617	—	1,614	—	1,618	1,618	1,618	1,618	1,612	—	1,630	1,633
Ng — Np	0,023	—	0,022	—	0,019	0,019	0,019	0,019	0,012	—	0,028	0,022
С у м м а хромофоров	5,59	4,36	2,16	1,95	0,49	1,17	1,71	0,92	1,94	7,58	6,52	7,08

0 — голубой, СССР, Южное Приморье, Прихаткайский район (Руб, 1960); 1 — зеленый, ФРГ, Саксония, Эйбенштот (Hintze, 1897); 2 — голубовато-серый, Западная Австралия, Юго-Западный округ Иррадейл (Jarrahdale), (Simpson, 1930—1931; 1951); 3 — бурый, СССР, Юго-Западный Памир, Горно-Бадахшанская АО, Куги-Ляль (Лабунцов, 1930); 3а, 3б, 3в, 3г, 3д — соответственно желтовато-белый, темно-коричневый, медово-желтый, голубой и светло-зеленый, бутылочно-зеленый; СССР, Юго-Западный Памир, Горно-Бадахшанская АО (Россовский, 1963); 4 — черный, Норвегия, Крагерё (Hintze, 1897); 5 — черный, Норвегия, Бамле (Kunitz, 1929), оштика Wülfing (1900); 6 — черный, США, штат Вермонт, Драммерстаун (Ward, 1931).

собой остаточные растворы, выделившиеся из кристаллизующейся гранитной магмы. Химический анализ турмалина — в табл. 3 (анализ 1).

Западная Австралия. Юго-западный округ. (Simpson, 1930—1931; 1951): 1) Асплин (Asplin). Граниты содержат большое количество сферолитов размером около 5 мм в диаметре, состоящих из радиальных иголок дравита. Диаметр иголок от 0,01 до 0,03 мм. Сферолиты как редко, так и густо рассеяны в породе и, вероятно, представляют собой гидротермальное изменение полевых шпатов. С дравитом ассоциирует только кварц. Уд. вес дравита 3,02. Под микроскопом бесцветный, $N_g = 1,63$; 2) Бауринг (Bowring). Турмалинизированный гранит аналогичен таковому из Суон-Вью (Swan Vieu), описанному ниже. Светлый голубовато-серый дравит, с уд. весом 3,04 образует скопления, в которых под микроскопом видны тонкие иголки, плеохроирующие по N_g светло-зеленовато-голубым и по N_p бесцветным. Сопровождается кварцем и небольшим количеством лимонита; 3) Иррадейл (Jarrahdale). У подножия гранитного массива встречаются породы, состоящие из плотного голубовато-серого агломерата сферолитовых масс, сложенных радиальными иголочками дравита. Сферолиты имеют в основном около 5 мм в диаметре, а иголочки дравита их составляющие — от 0,02 до 0,1 мм в диаметре и 2—3 мм длины. Под микроскопом дравит бесцветный или с плеохроизмом по N_g светло-голубым и N_p — бесцветным. Центры радиальных масс имеют белый или почти белый цвет, при переходе к внешним зонам цвет постепенно переходит в глубоко серый. Химический анализ и оптика — в табл. 3 (анализ 2); 4) Суон-Вью (Swan Vieu). Выветрелые поверхности гранита покрыты большим количеством серых «бородавочек» и усеяны голубыми и серыми пятнами. Серые «бородавочки» от 3 до 5 мм в диаметре сложены мельчайшими радиально расположенными призмами бесцветного под микроскопом дравита. Голубые и серые пятна имеют состав гранитов, в которых кварц почти полностью замещен иголочками бесцветного и светло-голубого дравита, слабо плеохроирующего по N_g серовато-голубым и по N_p бесцветным. Иголки образуют радиальные группы. Диаметр кристалликов от 0,01 до 0,06 мм. В некоторых образцах радиальные волокна видны невооруженным глазом, в других — в слабую лупу, но иногда структура настолько тонковолокнистая и плотная, что распознается только при скрещенных николях. Турмалинизированный гранит занимает около 0,2 га и некоторые трещины отдельности в нем заполнены плотной массой голубовато-серого дравита до 10 мм мощности (стр. 57).

Приведенные данные показывают, что по времени образования дравит в гранитах может быть первичным (Лебедев, 1939), может возникнуть в процессе грейзенизации (Руб, 1960), а также при переработке гранитов гидротермальными растворами (Simpson, 1930—1931), богатыми бором, путем замещения полевого шпата и кварца.

ДРАВИТ ИЗ ПЕГМАТИТОВ

СССР. 1. Юго-Западный Памир. Горно-Бадахшанская АО. Месторождение Куги-Ляль (Лабунцов, 1930; Россовский, 1963). Пегматиты залегают в магнезиальных мраморах и окружены реакционными зонами.

Дравит в пегматитах в количестве от 5 до 15% образует следующие разновидности (Россовский, 1963): а) короткостолбчатые двуконечные кристаллы размером от $0,5 \times 0,5$ до 3×3 см медово-желтого цвета в олигоклазовом пегматите графической структуры. Химический анализ — в табл. 3 (анализ 3); б) более распространен дравит в участках пегматоидной структуры совместно с олигоклазом, ильменорутилом, магноколумбитом, кордиеритом, андалузитом. Кристаллы призматические и конусовид-

ные, с большим количеством кристаллографических форм. Размер до 30—35×3—4 см. Цвет медово-желтый, коричневый, желтовато-белый. Химические анализы и оптика двух последних разновидностей приведена в табл. 3 (анализ 3а, б). Спектрально в медово-желтом дравите установлены Be, Sc, Ga, Sn, Ag, Pb, Cu.; в) прозрачные медово-желтые тонкопризматические игольчатые кристаллы встречаются в занорышах совместно с андалузитом, мусковитом, ильменорутилом, магноколумбитом. Размер 0,5—5×0,01—0,7 см. Химический анализ и оптика — в табл. 3 (анализ 3в). Спектрально установлены Be, Ga, Sn, Ag, Cu, Zn, Sr; г) полихромный дравит развивается в пегматитах по трещинам в виде радиально-лучистых агрегатов, а также в друзах. Кристаллы призматические, нередко пластинчатые 1—8 см длины. Цвет светло-зеленый, светло-синий, бесцветный. Химический анализ и оптика голубого и светло-зеленого дравита — в табл. 3 (анализ 3г). Спектрально обнаружены Be, Ga, Sn, Ag, Cu, Pb, Li; д) в тальковой реакционной зоне встречены короткостолбчатые плохо образованные кристаллы дравита размером 0,5—1 см. Цвет светло-желтый и бутылочно-зеленый. Химический анализ и оптика бутылочно-зеленого дравита в табл. 3 (анализ 3д). Спектрально в нем обнаружены Li, Nb, La, Sr, Be, Ga, Sn, Ag, Cu, Pb, Zr, V, а в светло-желтом дравите только — Be, Ga, Sn, Ag, Cu.

Кроме химических анализов дравита, приведенных в табл. 3, в образце коричневого цвета (из Минералогического музея АН СССР, № 61088) было определено: нет Fe₂O₃, 1,46% FeO, 0,38% TiO₂, следы MnO, Ng = 1,634 и Np = 1,614.

Л. Н. Россовский (1963) объясняет образование дравита в пегматитах ассимиляцией магния из вмещающих пород. Это согласуется с высказыванием А. Е. Ферсмана (1960), который отметил, что взаимодействие гранитного остатка с карбонатными боковыми породами — доломитами или магнезитами при отсутствии в последних железа — сопровождается поглощением магния, что приводит иногда к образованию в пегматитах бурого турмалина — дравита вместо шерла.

2. К и р г и з с к а я С С Р: а) в верховьях р. Ляйляк на леднике Кара-Су в оловоносных пегматитах в числе породообразующих минералов присутствует буроватый турмалин-дравит (Арапов, 1936); б) в Туркестанском хребте микроклин-мусковитовые пегматиты в приконтактовой аплитовидной зоне содержат темно-бурый турмалин-дравит, ассоциирующийся с магнезиотриплитом, олигоклазом, кварцем и мусковитом (Гинзбург и др., 1951).

3. Восточная Сибирь. В этом районе бурый дравит до 5 мм в длину развит в эндо-и экзоконтакте пегматитов. Он содержит 11,84% MgO; 3,18% Fe₂O₃; (Fe общее); 0,76 MnO; 0,73% CaO; Ng=1,640, Np=1,617.

4. Восточное Забайкалье. В Мамско-Витимском районе дравит встречается в мусковитовых пегматитах (Петровская, 1940).

Норвегия. Н е р р е - Х а в р е д а л ь (Nerge-Havredahl). Около Крагерё (Hintze, 1897). Большое количество хорошо ограненных кристаллов черного турмалина встречается совместно с кварцем, плагиоклазом, мусковитом и ильменитом. Химический анализ — в табл. 3 (анализ 4). По всей вероятности, эта минеральная ассоциация принадлежит пегматитам, но точных сведений нет.

Химически анализированный черный турмалин из Бамле (табл. 3, анализ 5), сопровождаемый хлоритом, приведенный Куницем (Kunitz, 1929), также, вероятно, принадлежит пегматиту, которым богат район Бамле-Крагерё (Хольтедаль, 1957; Ферсман, 1960).

США. Ш т а т В е р м о н т. В Драммерстауне (Drummerstown) черный турмалин встречается в пегматитах. Химический анализ и оптика — в табл. 3 (анализ 6).

Южная Австралия. Вблизи Амбератана (Umberatana; Mawson, Dalwitz, 1945) пегматитовые шпиры в лейкогранитах содержат темно-коричневый дравит, образующий среднезернистые гнезда, в которых присутствует небольшое количество кварца и полевого шпата. Предполагается, что кварц и дравит заместили плагиоклаз. Случайные кристаллики дравита вместе с кварцем присутствуют также в мелких пустотках. Светопреломление дравита 1,62—1,61, двупреломление около 0,013. Иногда кристаллики дравита зональные, что выражается в появлении окаймляющих их мелких пятен, серо-голубого и глубокого кобальтово-синего цвета. В составе дравита содержится 12,8% MgO и 38,8% SiO₂.

Западная Австралия (Simpson, 1951). 1. О к р у г К и м б е р л и. Кон-Бей и Санди Айленд (Cone Bay-Sunday Island). На гранитных островах черный турмалин обилен в пегматитовых жилах. Хорошо ограненные кристаллы достигают 6 см. Уд. вес их 3,10. Черная зернистая масса состоит из радиально сгруппированных тонких турмалиновых игл с уд. вес. 3,08; их частичный химический анализ следующий: 35,32% SiO₂; 6,60% FeO (Fe_{общ}); 7,38% MgO; плеохроизм по Ng темный голубовато-зеленый, по Np светлый пурпурно-коричневый.

2. С е в е р о - З а п а д н ы й о к р у г : а) Маллина (Mallina). Большие массы сине-черного дравита, вероятно, извлечены из пегматитовых жил. Призмы дравита имеют уд. вес от 3,04 до 3,09; Ng от 1,637 до 1,650. Плеохроизм по Ng голубовато-синий или темный зеленовато-синий, темный оливково-зеленый, редко темный оливково-коричневый, по Np — бесцветный. Частичный химический анализ: 37,50% SiO₂; 5,27% FeO (Fe_{общ}); 7,91% MgO; б) Йиннистарра (Yinnistharra). Дравит в слюдяном пегматите представлен двумя типами: смоляно-серый, образует кристаллы с конечными гранями, с уд. вес. 3,06, плеохроизм по Ng бутылочно-зеленый и Np бесцветный до светло-дымчато-коричневого; гранатово-коричневый прозрачный, призматические кристаллы с конечными гранями размером до 3 мм, уд. вес. 3,03; плеохроизм по Ng от светлого до средне-янтарного, Np бесцветный. Более темные кристаллы имеют уд. вес. 3,05. Более светлый турмалин содержит: 36,45% SiO₂, 0,54% FeO (Fe_{общ}); 0,96% CaO, 10,86% MgO, 0,68% TiO₂.

3. О к р у г М е р ч и с о н а . В Пуне (Poona) в бериллсодержащих пегматитах всюду найден турмалин в виде пористых масс, состоящих из черных игл. При уд. весе турмалина 3,08, плеохроизм по Ng оливково-коричневый, по Np бесцветный до светло-янтарного. При уд. весе 3,09 — Ng оливково-зеленый, оливково-коричневый, Np бесцветный до светлого зеленовато-желтого; содержание FeO (Fe_{общ}) — 5,79%. Вязкая масса, состоящая из тонких параллельных волокон черного дравита, имеет уд. вес 3,10, химический анализ: 34,88% SiO₂; 6,97% FeO (Fe_{общ}); 1,48% CaO; 8,26% MgO.

4. Ю г о - З а п а д н ы й о к р у г . В Маллалаип (Mullalyup) дравит встречается в пегматитах в виде грубозернистой массы и ассоциирует со стекловатым кварцем. Уд. вес. 3,09; Ng — кобальто-синий, Np — светлый пурпурно-коричневый. Содержит 33,83% SiO₂; 6,82% FeO (Fe_{общ}); 0,52% CaO; 7,65% MgO.

ДРАВИТ ИЗ КВАРЦЕВЫХ ЖИЛ

СССР. 1. У к р а и н а . Среднее Побужье, в с. Хоцевато (Щербаков, 1961) вблизи контакта чарнокитов с известняками найдены обломки кварцево-турмалиновых жил. Угольно-черный турмалин образует в кварце линзообразные скопления до 10 × 1,5 см, сложенные зернами изометрической формы. Плеохроизм резкий, по Ng темно-бурый и Np почти бесцветный со слабым буровато-зеленым оттенком. Химический анализ и оптика — в табл. 4 (анализ 1). И. Б. Щербаков (1961) считает, что

Таблица 4

Состав и свойства драгита из кварцевых и драгитовых жил (в %)

Компоненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	33,36	37,73	40,535	39,79	36,27	38,00	38,30	36,78	36,57
TiO ₂	0,95	—	—	—	0,39	—	0,15	0,40	0,36
B ₂ O ₃	9,92	8,68	11,785	6,69	9,20	10,32	10,38	9,73	9,78
Al ₂ O ₃	33,08	31,88	31,774	32,45	33,76	31,41	36,99	30,83	35,01
Cr ₂ O ₃	—	—	1,166	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	1,46	—	—	1,85	—	—	Следы	Следы	Следы
FeO	4,06	0,82	3,654	—	5,47	7,23	0,22	6,54	1,12
MnO	Следы	—	0,900	—	—	—	0,01	0,20	0,01
MgO	9,05	8,96	6,435	10,13	7,56	7,27	8,90	8,75	11,40
CaO	3,92	2,14	—	6,41	1,72	1,31	Нет	0,76	0,37
Li ₂ O	—	—	2,091 *	0,18	—	—	0,16	Следы	Нет
Na ₂ O	0,47	1,70	—	0,81	2,92	1,43	1,88	2,35	1,39
K ₂ O	0,22	0,53	Следы	0,05	—	0,28	Нет	0,05	0,25
H ₂ O ⁺	—	—	—	—	—	—	3,55	3,68	4,46
H ₂ O ⁻	0,10	1,67	—	—	2,49	2,75	Нет	Нет	Нет
П.п.п.	3,20	—	—	3,66	—	—	—	—	—
F	—	0,13	—	—	—	—	0,07	0,08	—
V ₂ O ₅	—	5,76	—	—	—	—	—	—	—
CO ₂	—	—	1,660 **	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,79	100,00	100,00	102,02	99,78	100,00	100,61	100,15	100,72
Уд. вес	3,132	3,058	—	—	—	—	3,03	3,09	3,03
Ng	1,664	1,635	—	—	—	—	1,634	1,649	1,635
Np	1,636	1,618	—	—	—	—	1,612	1,626	1,612
Ng — Np	0,028	0,017	—	—	—	—	0,022	0,023	0,023
Сумма хромофоров	6,47	6,78	5,72	1,85	5,86	7,23	0,38	7,14	1,49

* Li₂O, по-видимому, является Na₂O.** CO₂, по-видимому, является П. п. п.

1 — угольно-черный, СССР, Украина, Среднее Побужье, с. Холщевато (Щербаков, 1961); 2 — бурый, СССР, Узбекистан, Северный Нура-Тау, Темир-Кабук (Бадалов, 1951; Хамрабаев, 1958); 3 — грязно-зеленый или коричнево-зеленый, СССР, Урал, гора Точильная (Ауэрбах, 1868); 4 — коричневый, Польша, Нижняя Силезия, уезд Стшелин, окрестности Еглова (Chmura, Lewowicki, 1958) в работе суммы окислов нет; 5 — серо-черный, Болгария, Центральные Родопы, Луковиче (Бресковска, Ескенази, 1961); 6 — коричнево-черный, Швейцария, Сен-Готард (Hintze, 1897; Niggli u. a., 1940); 7 — белый, Западная Австралия, Юго-Западный округ, Каррагаллен (Simpson, 1930—1931; 1951), 8 — серый, Западная Австралия, Центральный округ, Маупт-Хант (Simpson, 1951); 9 — светло-серый, Западная Австралия, Юго-Западный округ, Суон Вью (Simpson, 1930—1931; 1951).

высокое содержание CaO в составе турмалина вызвано влиянием известняков. Спектрально обнаружены: Ni, Co, V, Zn, Ga, Li, Sr, Cr, Cu, Pb, Ag и Sc.

2. Узбекистан. Северный Нура-Тау, Темир-Кабук (Бадалов, 1951; Хамрабаев, 1958). Ванадийсодержащий турмалин слагает залебанды кварцевых жил и скопления в кварцитах недалеко от кварцевых жил. В последнем случае содержание его достигает 25—30%. В кварцевых жилах турмалин образует небольшие скопления тонких иголок размером

до $0,8 \times 0,2-0,5$ мм, срощенных с кварцем. Цвет бурый. Шелковистый блеск. Плеохроизм по Ng бурый, по Np светло-зеленый. Химический анализ и оптика — в табл. 4 (анализ 2). Спектрально установлены Sr, Ni, Cr, Mn, Ti.

3. У р а л. На горе Точильной (Ауэрбах, 1868) в кварце, залегающем в хлоритовом сланце, встречаются шаровидные лучистые сростки турмалина, химический анализ которого приведен в табл. 4 (анализ 3).

4. В о с т о ч н о - К а з а х с т а н с к а я о б л а с т ь. В Курчумском районе, месторождение Маралиха (Чухров, 1945), в кварцевой жиле, залегающей в лиственитизированных основных породах, присутствует турмалин в полостях анкерита на его кристаллах или на покрывающей последние серицитоподобной слюдке. Бесцветный и прозрачный турмалин образует игольчатые и волосовидные кристаллики и их почти сплошные агрегаты сероватого цвета. Длина кристалликов до 2—3 мм при толщине до $0,1-0,2$ мм. $Ng = 1,632$, $Np = 1,610$. На основании оптики и спектрального анализа турмалин отнесен к драгиту.

5. Х а б а р о в с к и й к р а й. В Еврейской АО (р. Дитур) в отвалах выработки встречаются крупные глыбы кварца с гнездами зеленовато-бурого турмалина. Частичный химический анализ (обр. № 64113 из Минералогического музея АН СССР) показал: 31,41 % Al_2O_3 ; 10,92 % MgO; 1,25 % CaO; 0,17 % TiO_2 ; Fe_2O_3 нет; 1,80 % FeO; $Ng = 1,634$ и $Np = 1,614$.

Достоверные данные об условиях залегания кварцево-турмалиновых образований отсутствуют и к данному типу отнесены условно (устное сообщение М. А. Смирновой).

П о л ь с а. Н и ж н я я С и л е з и я. В уезде Стшелин (Strzelin), в окрестностях Еглова (Jeglowej), кварцево-турмалиновая жила, секущая кварциты, содержит около 25 % турмалина в виде хорошо развитых коричневых кристаллов, образующих веерообразные скопления. Генетически жилы связывают с интрузией гранитов. Химический анализ приведен в табл. 4 (анализ 4) (Chmura, Lewowicki, 1958).

Б о л г а р и я. Ц е н т р а л ь н ы е Р о д о п ы. В Луковице, южнее Асеновграда (Бресковска, Ескенази, 1961), кварцево-турмалиновые жилы залегают в гнейсах. Турмалин образует неправильные гнезда игольчатых кристаллов размером до нескольких сантиметров. Под микроскопом наблюдается зональность: ядра синего или лилово-синего, а оболочки — оливкового и коричнево-зеленого цвета. Совместно с турмалином встречаются биотит и пирит. Химический анализ турмалина приведен в табл. 4 (анализ 5). Спектрально установлены: Sr, Ni, V, Co, Cu, Zn, Ga, Pb, Be, Mo.

Образование турмалина связывают с метаморфическими процессами, сопровождаемыми извлечением вещества из вмещающих гнейсов и переотложением его в кварцевые жилы.

Ш в е й ц а р с к и й А л ь п ы. В Швейцарских Альпах турмалин встречается в альпийских жилах, преимущественно в парагенезисах, богатых минералами группы TiO_2 и нередко монацитом (турнеритом).

1. Ц е н т р а л ь н ы й м а с с и в: а) долина Тавеч (Tavetsch) и Фордер-Рейнталь (Vörderrheintal), особенно пик Каверади (Piz Caveradi), также Миттель-рейн (Mittelrhein) и др. Турмалин встречается в виде черных, коричневых, желтых и красновато-коричневых отдельных или радиально-сгруппированных кристаллов, а также в виде пучков в кварце (Hintze, 1897; Niggli и. а., 1940). Около Паласдель-Тгона (Palas dal Tgon) коричневый турмалин наряду с рутилом и ильменитом включен в кварц (Niggli и. а., 1940); б) между перевалами Сен-Готард и Ла Грена (La Greina) в Пизо Танеда (Pizzo Taneda) зеленоватый и темно-коричневый турмалин присутствует в кварцевой жиле (Hintze, 1897; Niggli и. а., 1940). Химический анализ турмалина коричнево-черного до черного цвета приведен в табл. 4 (анализ 6).

2. Область Адула. У Дахберга (Dachberg) игольчатый темно-коричневый турмалин включен в дымчатом кварце (Niggli u. a., 1940).

3. Кантон Тессин. Пассо Камполунго (Passo Campolungo), в мелких полостях горных пород развиты кварц, иголки коричневого турмалина и агрегаты хлорита (Niggli u. a., 1940). В Монте Пьоттино (Monte Piottino) светло-коричневые иголки турмалина развиты совместно с доломитом, мусковитом, рутилом, аметистом и др. (Niggli u. a., 1940). В долине Маджа (Maggia Thale) встречаются хорошо развитые двуконечные кристаллы каштаново-коричневого турмалина (Hintze, 1897).

Западная Австралия (Simpson, 1930—1931, 1951). 1. Округ Кимберли, Хамберт Крик (Humbert Creek). Тонковолокнистые массы серого дравита присутствуют в прожилках кварца совместно с гематитом.

2. Северо-Западный округ, Уорравуна (Warrawoona). Найдены обломки тонковолокнистого серого дравита с кварцем в интерстициях. Дравит составляет 68%. Уд. вес. 2,94. Частичный химический анализ породы: 58% SiO_2 ; 3,36% FeO ($\text{Fe}_{\text{общ}}$); 5,70% MgO . Волокна турмалина достигают 0,01—0,02 мм в диаметре и до нескольких сантиметров в длину.

3. Округ Мерчисона. В Микатарра (Meekatharra) кварцевые жилы, залегающие в кератофиге, содержат гнезда спутанного войлока турмалина с небольшим количеством альбита. Коричнево-черный турмалин (уд. вес. 3,08) содержит 9,89% V_2O_5 и 6,73% FeO . Плеохроизм по Ng глубокий смоляно-серый и по Np — светлый дымчато-желтый. Кроме того, найдены альбитовые породы, содержащие длинные призмы коричнево-черного дравита размером до 1—2 мм. Дравит содержит: 35,37% SiO_2 ; 6,68% FeO ($\text{Fe}_{\text{общ}}$); 8,26% MgO ; следы CaO . Уд. вес 3,08. Плеохроизм по Ng темно-зелено-синий, бутылочно-зеленый, оливково-зеленый, оливково-коричневый, Np бесцветный до светло-дымчато-коричневого. Иногда окраска меняется по вертикали и горизонтали. Часто встречаются хорошо ограненные кристаллы размером до 3 мм в диаметре и до 15 мм в длину.

4. Юго-Западный округ: а) Каррагаллен (Karragullen); в гранитах встречены две жилы, состоящие из кварца и преобладающего дравита. Собранный материал разделяется на три типа: 1) смесь белого кварца и белого дравита. Иголки последнего, размером 0,02—0,10 мм и редко до 4 мм в длину, сгруппированы в радиальные массы. Химический анализ и оптика — в табл. 4 (анализ 7); 2) второй тип похож на тонкозернистый белый кварцит. Под микроскопом виден агрегат толстых призм дравита и небольшое количество кварца в интерстициях; 3) наиболее распространена плотная светло-серая масса дравита с неразличимыми невооруженным глазом составными частями. Под микроскопом структура идентична предыдущей. Дравит бесцветный образует зерна и призмы размером в среднем 0,1 мм в диаметре; б) в Джимпердинг Валли (Jimperding Valley) призматические хорошо ограненные кристаллы турмалина размером до 8×5 мм образуют гнезда в кварцевой жиле. Уд. вес. 3,08.

5. Центральный округ: а) Фейсвилл (Feysville). Тонковолокнистый темно-серый дравит совместно с кальцитом присутствует в кварце. Уд. вес 3,08. Плеохроизм по Ng — оливково-зеленый и по Np — светлый пурпурно-коричневый. Размер игл от 0,01 до 0,02 мм в диаметре и до нескольких сантиметров длины; б) Форрестейния (Forrestania). Тонковолокнистый темно-серый дравит присутствует в кварцевой жиле; в) Гунгарри (Goonagarrie). Тонковолокнистые темно-серые массы дравита (уд. вес. 3,05) присутствуют в кварцевой жиле; г) Маунт-Элваира (Mt Elvire). Большое количество зеленовато-серого микровойлочного дравита присутствует в кварцевой жиле, залегающей в зеленокаменных породах; д) Маунт-Хант (Mt Hunt). В кварцевой жиле значительные концентрации микроигольчатого дравита. Цвет его в скоплениях светлый или глубоко нейтрально серый, блеск атласный, обусловленный очень тонко

волокнистой структурой, отчего дравит имеет сходство с куском выветрелого дерева. В шлифах видна плотная масса параллельных иголочек от 0,02 до 0,04 мм в диаметре и до сантиметра и более в длину. Плеохроизм по Ng — светло-серовато-зеленый, местами светло-дымчато-коричневый, Np — бесцветный. Химический анализ и оптика — в табл. 4 (анализ 8).

ДРАВИТОВЫЕ ЖИЛЫ

Западная Австралия. Юго-Западная область. В Суон Вью (Swan View) в интенсивно турмалинизированных гранитах (стр. 54) некоторые трещины отдельности выполнены плотной массой голубовато-серого дравита от 5 до 10 мм мощности. Под микроскопом виден войлок иголочек и радиальных групп бесцветных и светло-голубых по Ng. Кроме того, встречается относительно пористая жила 30 см мощности светло-серого дравита. Под микроскопом различимы радиальные группы бесцветных иголочек и небольшое количество выветрелого хлорита или биотита. Химический анализ и оптика — в табл. 4 (анализ 9).

Менее чем в километре к северо-востоку подобная же, но менее пористая жила дравита шириной 60 см обнаружена в слюдяных сланцах. Под микроскопом различимы бесцветные иголки дравита, сопровождаемые биотитом, хлоритом, мусковитом, каолином и лимонитом (Simpson, 1930—1931; 1951).

ДРАВИТ ИЗ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

СССР. 1. Урал. В Карабаше, на руднике Пионерском, в залебанде кварцевой жилы, содержащей сульфиды, встречается дравит в виде серовато-белого агрегата параллельно ориентированных тончайших иголочек с шелковистым блеском. Под микроскопом бесцветный. Химический анализ и оптика — в табл. 5 (анализ 1).

Таблица 5

Состав и свойства дравитов из рудных месторождений (в %)

Компоненты	1	2	Компоненты	1	2
SiO ₂	37,08	29,6	F	0,26	0,6
TiO ₂	Следы	Следы	CO ₂	Нет	—
B ₂ O ₃	10,36	11,0	Pb	—	Следы
Al ₂ O ₃	34,00	32,7	CuO	—	0,1
Fe ₂ O ₃	0,58	1,7	BaO	—	Следы
FeO	1,21	—			
MnO	Следы	0,08	С у м м а	100,60	99,68
MgO	10,72	12,3	Уд. вес	3,025	—
CaO	1,0	Следы	Ng	1,628	1,632—1,635
Li ₂ O	Нет	—	Np	1,608	1,613—1,615
Na ₂ O	1,73	—	Ng — Np	0,020	0,018—0,020
K ₂ O	0,07	0,8			
H ₂ O ⁺	2,57	—	С у м м а	1,79	1,78
H ₂ O ⁻	Нет	0,1	хромофоров		
П.п.п.	1,02	10,7			

1 — светло-серый, СССР, Урал, Карабаш, рудник Пионерский; Фонды Минералогического музея АН СССР, обр. 58102, переданный Е. И. Долмановой; 2 — светло-бурый; СССР, Рудный Алтай, Березовское м-ние (Болгов и др., 1957).

2. Рудный Алтай. В отвалах Березовского полиметаллического месторождения (Болгов и др., 1957) брекчированные доломиты залечены кристаллическим доломитом, содержащим большое количество светло-бурого тонкопризматического агрегата дравита, в ассоциации со светлой слюдой и пиритом. Химический анализ и оптика — в табл. 5 (анализ 2). Высокое содержание в анализе п. п. осталось не выясненным, Г. П. Болгов и др. допускают примесь карбоната. Спектрально обнаружены: Sr, Sr, V, Ga, Ti. Плеохроизм отсутствует или по Ng — слабобуроватый, Np — бесцветный. Отмечается также присутствие бесцветного шестоватого турмалина в тесной ассоциации с рудными минералами.

В Зырянском и Белоусовском полиметаллических месторождениях дравит иногда встречается в боковых серицитизированных породах (Болгов и др., 1957).

3. Восточное Забайкалье. В полиметаллических месторождениях Приаргунского района (Смирнов, 1961), приуроченных к доломитам и известнякам, дравит встречается часто, но в небольших количествах (от 1 до 10%): а) в Екатерино-Благодатском месторождении скудные количества турмалина образуют тонкие бесцветные иглы; б) в Трехсвятском месторождении турмалин развивается в виде тончайших бесцветных иголок в кварце; в) в Смирновском месторождении турмалин не играет сколько-нибудь значительной роли в составе руд, но местами развивается обильно. Помимо обычных тонких бесцветных иголок, он нередко образует сплошные скопления беловатого цвета, похожие на каолинит. Под микроскопом такие скопления состоят из тончайших иголок, собранных в радиально-лучистые и спутанные агрегаты, напоминающие серпентин. Судя по константам и другим особенностям (которые в работе не приведены), турмалин является безжелезистым дравитом; г) в Каразаргинских рудниках турмалин, обильный местами, представлен типичным белым «гидротермальным» дравитом «смирновского типа»; д) в Михайловском месторождении местами большое количество турмалина в виде войлока мельчайших слегка зеленоватых иголок содержится в кальците и кварце; е) в Кадаинской жиле встречаются мельчайшие иголки бесцветного турмалина; ж) в Осиновском штоке постоянно присутствует скудная примесь турмалина в виде тонких бесцветных игл. С глубиной турмалин становится более обильным; з) в Гурулевском месторождении присутствует в виде единичных зерен слабо окрашенный дравит в сульфидных рудах и относительно обильный бесцветный турмалин в кварце; и) в Воздаяновском месторождении кварц, интенсивно вкрапленный сульфидами, насыщен иголками турмалина. Кроме того, встречены доломиты импрегнированные сульфидами и турмалином. Это наиболее богатое турмалином месторождение в Приаргунском районе. Цвет турмалина в работе не приведен, но С. С. Смирнов (1961) отмечает, что вообще в Приаргунском р-не турмалин представлен буроватой разновидностью типа дравита; к) в Кличкинском месторождении (Талдыкина, 1962) турмалин широко распространен в отвалах участка колчеданных работ и Савинского рудника № 2 как в виде отдельных образцов, так и в составе мелкозернистой породы совместно с флюоритом и серицитом. Турмалин представлен: 1) агрегатами зеленовато-черного цвета радиально-лучистого строения, длина кристаллов 4 см при толщине не более 0,5 мм; плеохроизм по Ng — темно-синий и = по Np — желтоватый до бесцветного; окраска распределена зонально: центральная часть светло-бурая, а периферическая — темно-зеленая; Ng = 1,658 и Np = 1,632; 2) агрегатами темно-зеленого цвета с плеохроизмом по Ng — сине-зеленым и Np — бесцветным; Ng = 1,649, Np = 1,628. В отвалах шахты Олимпиада встречаются агрегаты светло-голубого турмалина в ассоциации с серицитом и флюоритом; плеохроизм по Ng — синий и Np — бесцветный; окраска зональная: центр — интенсивно си-

него цвета, а периферия — бесцветная или светло-голубая; $N_g = 1,645$, $N_p = 1,623$. Турмалин отнесен к стадии грейзенизации.

4. П р и а м у р ь е. В оловорудных месторождениях кварцево-турмалинового типа, развитых в основном среди осадочных и эффузивных пород, турмалин представлен зеленым призматическим и игольчатым дравитом, содержащим 10,20% MgO и 1,01% FeO . В виде примеси присутствуют Sn , Ni , V , Sr , Bi , Cu , Pb ; $N_g = 1,648-1,655$, $N_p = 1,628-1,630$; $N_g-N_p = 0,020-0,022$. Сопутствующие минералы: кварц, серицит, касситерит (Кокорин, 1961).

Чехословакия. Около Добшау агрегаты коричневого турмалина совместно со смальгином, борнитом и кварцем присутствуют в белом кальците (Hintze, 1897).

Западная Австралия (Simpson, 1951). 1. О к р у г М е р ч и с о н а. В Робинсон Рейндж (Robinson Range) дравит встречается в виде крупных войлокоподобных масс в больших рудных жилах, залегающих в зелено-каменных сланцах. Окраска дравитовых масс светлая цементно-серая. Они легко разламываются будучи сложенными из параллельных волокон, имеющих размер 0,01 мм и менее в диаметре, но до нескольких сантиметров в длину. Уд. вес светло-серого дравита 3,08; плеохроизм по N_g — тускло-зеленый и по N_p — бесцветный. Более темные участки состоят из иголочек размером от 0,02 до 0,05 мм в диаметре и плеохроируют по N_g — зеленовато-черным и по N_p — светло-пурпурно-коричневым.

2. Ц е н т р а л ь н ы й о к р у г : а) Монгер (Monger). В отвалах Золотого рудника найдена полосчатая кварцево-гематитовая порода, у которой более темные полосы состоят почти полностью из гематита и темно-коричневого дравита, плеохроирующего по N_g — оливково-зеленым и по N_p — бесцветным до светло-желтого. В породе содержится 3,82% V_2O_5 , 3,42% MgO ; б) Уиджимулта (Widgiemooltha). Коричневато-черные призмы дравита присутствуют в золотоносном кварце. Уд. вес. 3,08; плеохроизм по N_g — оливково-зеленый и по N_p — соломенно-желтый.

ДРАВИТ ИЗ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ПОРОД ОСНОВНОГО СОСТАВА

СССР. 1. К р и в о й Р о г: а) в зоне Саксаганского надвига тальково-карбонатные породы превращены вдоль контакта с кварцитами в биотитовую породу, содержащую скопления турмалина. Размеры кристаллов достигают 10—12 мм длины и 1—1,5 мм толщины. Плеохроизм по N_g — сине-зеленый и по N_p — бесцветный. Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 1). Спектрально установлены: Sr , Zr , V , Pb , Th , La , Li , Ni , Co , Cu , Ag . По Б. И. Горошникову (1956) турмалин образовался метасоматически в результате привноса бора и калия высокотемпературными гидротермами гранитной интрузии; б) в верховьях балки Глееватой буровыми скважинами встречены тремолит-турмалиновые скопления мощностью 15—20 мм в хлоригизированной породе, содержащей вблизи скоплений призмочки желтого турмалина. В тремолит-турмалиновых скоплениях черный хромсодержащий дравит образует столбчатые кристаллы размером до 5—6 мм. Плеохроизм по N_g — светло-желтый и по N_p — бесцветный. Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 2). Спектрально обнаружены: Pb , Ni , V , Co , Cu , Ga . А. Г. Шендерова (1955) предполагает, что хромсодержащий дравит связан с основными магматическими породами; в) на территории рудника им. Р. Люксембург, в тальково-карбонатных породах буровыми скважинами встречены пропластки актинолит-турмалинового сланца, в котором кристаллы черного турмалина достигают 35 мм и ориентированы в основном по сланцеватости. Плеохроизм резкий — от темно-бурого до светло-желтого. Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 3). Ю. Ю. Юрк и др. (1960)

Состав и свойства дравитов из метамор

Компоненты	1	2	3	4	5	6	6а
SiO ₂	32,10	36,43	32,40	39,00	38,51	38,09	38,48
TiO ₂	0,04	0,75	0,12	—	—	—	—
B ₂ O ₃	9,60	8,00	10,59	10,73	9,52	11,15	11,15
Al ₂ O ₃	32,98	31,53	35,19	30,65	32,65	32,90	32,90
Cr ₂ O ₃	—	1,60	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	5,75	5,19	4,50	1,58	—	—	—
FeO				6,10	2,80	0,66	0,97
MnO	0,06	Следы	0,06	—	0,36	—	—
MgO	9,74	9,23	9,67	9,44	10,46	11,79	11,27
CaO	3,48	1,83	3,43	—	0,16	1,25	0,72
Li ₂ O	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	2,95	1,73	2,54	—	2,13	2,37	2,40
K ₂ O	1,78	0,17	0,46	—	0,37	0,47	0,48
H ₂ O ⁺	—	3,58	0,98	—	3,04	2,05	3,00
H ₂ O ⁻	0,46	0,16	0,12	—		—	
Н.п.п.	0,82	—	—	—	—	—	—
F	—	—	—	—	0,36	0,64	0,64
CO ₂	—	—	—	2,50	—	—	—
P ₂ O ₅	—	—	—	—	—	—	—
NiO	—	—	—	—	—	—	—
SrO	—	—	—	—	—	—	—
Сумма	99,76	100,20	100,06	100,00	100,36	101,37	102,01
Уд. вес	3,2	3,13	3,30	—	3,05	—	3,036
Ng	1,643—1,647	1,650	1,643—1,647	—	—	—	1,6355
Np	1,613—1,618	1,623	1,615—1,618	—	—	—	1,6130
Ng — Np	0,030	0,027	0,028	—	—	—	0,0225
Сумма	5,85	7,54	4,68	7,68	3,16	0,66	0,97

хромофоров

1 — СССР, Кривой Рог, Саксаганский надвиг (Горошников, 1956); 2 — черный, Рог, рудник Р. Люксембург (Юрк и др., 1960); 4 — СССР, Урал, Горношитск (Ауэрвай, Австрия, Тироль, Циллерталь (Hintze, 1897); 6, 6а, 6б — коричневый, Югосла (1929); 7 — зелено-черный, США, штат Пенсильвания, графство Ланкастер, Техас Этчисон (Hintze, 1897); 9, 9а — соответственно коричнево-черный и темно-коричневый, и темно-коричневый, США, штат Нью-Гэмпшир, Орфорд; 10 — (Hintze, 1897); 10а — Сикизеп Бергуиркен (Harada, 1939); 12 — темно-зеленый до черного, Новая (Hutton a. Seelye, 1945); 14 — коричневый; Мадагаскар, Мозоляхи (Lacroix, 1922),

считают, что турмалин образовался в процессе метаморфизма осадков, содержащих бор, при этом газо-водные эманации могли привносить или перераспределять бор, создавая местные концентрации турмалина.

2. Урал. В Горношитске, около Свердловска (Ауэрбах, 1868), турмалин встречается в хлоритовом сланце. Кристаллы редки и он преимущественно образует лучистые и неправильные сростки. Химический анализ — в табл. 6 (анализ 4).

Австрия. 1. Тироль. В Циллертале, в хлоритовых и тальковых сланцах черно-коричневый турмалин образует стеблевидные и вееро-подобные выделения, ассоциирует с маргаритом (Gasser, 1913). Химический анализ — в табл. 6 (анализ 5).

Таблица 6

фических пород основного состава (в %)

66	7	8	9	9a	10	10a	11	12	13	14
36,52	38,45	36,56	37,30	36,41	38,33	36,66	37,42	36,80	36,07	36,12
0,17	—	0,09	—	1,61	—	0,23	0,82	—	0,84	0,29
10,32	8,57	8,90	10,13	9,65	9,86	10,07	8,98	10,41	10,35	10,37
33,41	34,56	32,58	31,71	31,27	33,15	32,84	29,48	25,37	30,43	29,50
—	—	4,32	—	—	—	—	—	—	0,07	—
—	—	0,79	—	Нет	—	—	2,08	0,13	2,17	1,51
0,30	2,98	—	4,07	3,80	2,88	2,50	3,59	6,12	3,62	0,35
0,57	0,09	Следы	—	Следы	—	—	0,03	—	Следы	—
11,25	9,11	9,47	9,90	9,47	10,89	10,35	10,29	12,91	9,33	13,89
0,42	0,71	0,75	1,81	0,98	0,77	1,35	1,28	2,31	1,60	4,46
—	—	Следы	—	Нет	—	—	—	Следы	—	—
2,34	2,00	2,22	1,82	2,68	1,52	2,42	3,09	1,20	1,91	1,04
0,57	0,73	0,13	0,44	0,21	—	0,22	0,12	0,45	0,06	0,04
3,76	2,80	3,74	2,82	3,79	2,81	3,78	2,40	3,95	3,20	} 2,21
—	—	—	—	—	—	—	0,38	—	0,20	
0,12	—	0,06	—	Нет	—	—	—	Следы	0,08	0,58
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,04	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	0,05	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,02	—
99,75	100,00	99,70	100,00	99,87	100,21	100,42	99,96	99,65	99,95	100,36
3,038	3,043	—	3,068	—	3,068	—	3,078	—	3,25	3,064
—	—	—	—	—	—	—	1,645	—	1,655	1,6419
—	—	—	—	—	—	—	1,617	—	1,627	1,6208
—	—	—	—	—	—	—	0,028	—	0,028	0,0201
1,04	3,07	5,20	4,07	5,41	2,88	2,73	6,52	6,25	6,70	2,15

СССР, Кривой Рог, балка Глеватая (Шендерова, 1955); 3 — черный, СССР, Кривой бах, 1868), CO₂, вероятно, является потерей при прокаливании; 5 — черно-коричневая, Доброва: 6 — Hintze, 1897, 6a — Becht (1913), Wülfing (1900), 66 — Kunitz (Hintze, 1897); 8 — темно-зеленый, США, штат Мэриленд, графство Монтгомери, штат Коннектикут, Монро (Hintze, 1897); 10, 10a — соответственно коричнево-черный (Hintze, 1897; Riggs, 1888); 11 — темно-коричневый, Япония, префектура Эхиме, Зеландия, р. Паранара (Finlayson, 1909); 13 — Новая Зеландия, около Нельсона в статье сумма 100,39%.

2. К а р и н т и я. Около Каппель (Kappel) турмалин в виде укороченных, толстых желтовато-коричневых прозрачных превосходных кристаллов с более светлой сердцевинной и темной оболочкой присутствует в яблочно-зеленом тальке (Zepharovich, 1859).

3. З а л ь ц б у р г. В Фушер-таль, Ферлейтен (Fuscher-Th. Ferleiten) красновато-коричневые просвечивающие кристаллы турмалина встречаются в хлорите (Zepharovich, 1893).

Югославия. В Доброва (Dobrova; Hintze, 1897) в тальковом сланце присутствуют золотисто-коричневые и светло-оливково-зеленые почти прозрачные хорошо ограненные двуконечные кристаллы турмалина размером до 5 см длины и 3 см толщины. Химические анализы и опти-

ка — в табл. 6 (анализ 6.) В образце из Минералогического музея (№ 19805) содержится 0,40% Fe_2O_3 , 1,03% FeO , следы TiO_2 , MnO нет; $N_g = 1,631$ и $N_g = 1,608$; цвет светло-коричневый.

Швеция. В естманланд. В Черингбрикке (Käringbricka) турмалин присутствует в виде темно-коричневых хорошо ограненных двуконечных кристаллов в хлоритовом сланце (Hintze, 1897).

США. 1. Штат Пенсильвания: а) в графстве Ланкастер у Техаса (Hintze, 1897) в плотной тальковой породе развиты тонкие призмы зелено-черного турмалина. Химический анализ — в табл. 6 (анализ 7); б) в Марпле (Marple) в тальке встречается зеленый турмалин (Dana, 1911).

2. Штат Мэриленд. Графство Монтгомери, Этчисон (Etchison), в поместье Колумбос Гриффит (Columbus Griffith) темно-зеленый хорошо ограненный хромсодержащий турмалин развит на поверхности хромитовой залежи в серпентините (Hintze, 1897). Размеры кристаллов достигают 1 см толщины и 2 см длины. Химический анализ турмалина — в табл. 6 (анализ 8).

3. Штат Коннектикут. В Монро (Monroe) (Hintze, 1897) в хлоритовом сланце, состоящем преимущественно из биотита, хлорита и, возможно, поизита присутствует турмалин темно-коричневого до черного цвета. Прекрасные двуконечные кристаллы его достигают 6 см. Химические анализы — в табл. 6 (анализ 9). В образце из Минералогического музея (№ 51668) содержится: Fe_2O_3 нет, 2,65% FeO , 0,41% TiO_2 , MnO — нет; $N_g = 1,640$ и $N_p = 1,619$; цвет красновато-коричневый.

4. Штат Нью-Гэмпшир. В Орфорде большие темно-коричневые и коричневые кристаллы турмалина в изобилии присутствуют, по данным Дана (Dana, 1911), в стеатите, а по Риггсу (Riggs, 1888) — в хлоритовом сланце. Химические анализы — в табл. 6 (анализ 10).

Япония. Префектура Эхиме. В Сикизен Бергуиркен (Seki-zen Bergwerken) в серпентине присутствует турмалин в виде призматических двуконечных кристаллов размером от 0,5 до 2 см. Плеохроизм сильный, по N_g — темный зеленовато-коричневый, N_p — светло-коричневый (Harada, 1939). Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 11).

Зюёя. Дзёнакей (Zyönakei). В Канье-Хокуда (Kanyö-Hokuda) светло-голубой турмалин включен в тальковом агрегате в магнезитовых залежах. $N_g = 1,639$, $N_p = 1,618$ (Harada, 1939).

Западная Австралия (Simpson, 1951). 1. Гарден Галли (Garden Gulley). Микроскопические призмы желтого турмалина встречаются в зелено-каменных сланцах.

2. Юго-Западный округ. В Нинганбун-Хилс (Ninghanboun Hills) дравит присутствует в докембрийских зелено-каменных породах, где он образует группы призм размером до 2—3 мм в диаметре, уд. вес 3,04, а также тонкоиглолчатый агрегат со слегка радиальной группировкой. Иглы имеют в диаметре от 0,05 до 0,5 мм, уд. вес 3,05. Призмы и иглы турмалина плеохроируют по N_g — глубоко оливково-коричневым и N_p — очень светло-желтым.

3. Центральный округ. В Маунт-Марион (Mt. Marion) и Маунт-Херберт (Mt. Herbert) черный дравит размером до 2 см в длину присутствует в метасоматических туфах. Уд. вес 3,07; плеохроизм по N_g — средний оливково-коричневый и N_p — соломенно-желтый. Образование дравита Симпсон (Simpson, 1951) объясняет влиянием гидротермальных растворов.

Новая Зеландия. 1. В ущелье р. Парара, южнее Коллингвуда. Породы состоят из темно-зеленого до черного турмалина, хлорита, небольшого количества серпентина и магнетита. Кристаллы турмалина в среднем размером 1,3 мм длины, но достигают $2,5 \times 20$ мм. Присутствуют

округлые радиальные скопления. Плеохроизм розовый до голубовато-серого. Химический анализ — в табл. 6 (анализ 12). Породы образовались при контактовом воздействии перидотитов на вмещающие сланцы, сопровождающемся эманациями бора (Finlayson, 1909).

2. Около Н е л ь с о н а, дравит является составной частью корундофиллитово-хлоритовой породы. Он образует призмы размером до 15 мм длины и радиальные агрегаты. Плеохроизм по Ng — темный оливково-зеленый и Np — светло-коричневый до бесцветного. Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 13). Хоттон и Силай (Hutton, Seelye, 1945) считают, что хлоритовая порода является измененной ультраосновной интрузией и турмалин возник при взаимодействии борсодержащих паров с корундофиллитом.

Мадагаскар (Lacroix, 1922). 1. В горах М а с у л а х и (Masolahy), к северу от Ихоси, в почве встречаются хорошо ограниченные обычно темно-желтые до черно-коричневых бипирамидальные кристаллы турмалина размером до 8 см. По геологическим данным район сложен парапироксенитами. Химический анализ и оптика — в табл. 6 (анализ 14).

2. В А м б у х и п у н е н а н а (Ambohiponana), в горах Бити (Bity) в тальке присутствуют хорошо развитые кристаллы (до 1 см) турмалина коричневого почти черного цвета с уд. весом 3,04.

Из изложенного следует, что присутствие турмалина в породах основного состава объясняется: а) метаморфизмом осадков богатых бором, сопровождаемым перераспределением бора газово-водными эманациями (Юрк и др., 1960); б) привнесом бора, при этом турмалин может образоваться метасоматическим путем под влиянием гидротермальных борсодержащих растворов, при контактовом воздействии, сопровождаемом эманациями бора, а также под влиянием борсодержащих паров. Источником бора считаются граниты (Горошников, 1956), перидотиты (Finlayson, 1909) или источник не указывается; в) непосредственной связью бора и соответственно турмалина с основными породами (Шендерова, 1955). В. Н. Лодочников (1936), рассматривая примеры нахождения турмалина в серпентинитах и ультраосновных породах, приходит к заключению, что он генетически связан с ультраосновными породами и образуется в постмагматическую (гидротермальную) фазу.

ДРАВИТ ИЗ «РЕАКЦИОННЫХ» ПОРОД

СССР. 1. К о л ь с к и й п о л у о с т р о в, район Колмозера (устное сообщение А. И. Гинзбурга). В зоне гидротермально-измененных габбро-анортозитов встречены кварцево-биотитово-турмалиновые породы с апатитом и титанитом. Турмалин (обр. Минералогического музея № 65086) бурый, длиннопризматический достигает размера 7×1 мм, местами образует сростки. Он содержит 31,13% Al_2O_3 ; 1,03% Fe_2O_3 ; 0,59% FeO; 0,61% TiO_2 ; MnO нет; 0,57% CaO; 11,34% MgO; Ng = 1,637; Np = 1,614; Ng — Np = 0,023. Плеохроизм слабый от светло-коричневого по Ng до бесцветного по Np.

2. Ц е н т р а л ь н ы й У р а л: а) в пегматитах, залегающих в серпентинитах, турмалин иногда играет роль главного породообразующего минерала. Он присутствует в виде хорошо образованных призматических и игольчатых кристаллов от $0,1 \times 0,2 \times 5$ до $1,5 \times 2 \times 6$ см, в виде радиально-лучистых до 4×9 см и шестоватых агрегатов и в виде желваков до 8—10 см в поперечнике. Турмалин приурочен к флогопитовым и флогопит-тремолитовым зонам, а также к контакту их с плагиоклазитовыми линзами, и реже встречается в последних. Турмалин ассоциируется с флогопитом, флюоритом, плагиоклазом, апатитом, фенакитом, являясь более ранним выделением. Химический анализ и оптика (см. табл. 8, анализ 1) определены для турмалина из плагиоклазитовой части

пегматитов. Плеохроизм резкий по Ng — бурый, по Np — светло-бурый до бесцветного.

К. А. Власов и Е. И. Кутукова считают, что пегматиты являются десилицированными и образовались при внедрении гранитных пегматитовых расплавов-растворов, обогащенных летучими, в ультраосновные породы; б) в Нижне-Исетской даче (Кравченко, 1940) линза, сложенная турмалином и корундом, залегает в серпентинитах. Турмалин представлен двумя разновидностями. Первая образуется в пустотах корундовой зоны. Турмалин темно-бурого и кофейно-бурого цвета в виде хорошо развитых призматических и двуконечных кристаллов. На аналогичном конце почти всегда имеется слой толщиной 1—5 мм сапфира-голубоватого цвета. Турмалин выделяется на корунде совместно с клинохлором и диаспором. Плеохроизм очень сильный от зеленого, частично голубоватого, до прозрачного с буроватым оттенком, или светло-розового. Химический анализ и оптика — в табл. 8 (анализ 2). Вторая разновидность слагает турмалиновую зону. Кристаллы турмалина лишены конечных граней, цвет их темно-бурый до черного, размер 10—15 см в длину и 3—8 мм толщины. Плеохроизм сильный от грязно-зеленого до прозрачного с буроватым оттенком. Химический анализ и оптика — в табл. 8 (анализ 2а).

Г. Т. Кравченко (1940) считает, что месторождение образовалось при взаимодействии пегматитового расплава с пироксенитами, при этом произошла десилификация пегматитового расплава. Освободившиеся из боковых пород железо, магний, марганец и титан при участии пегматитов дали магнезиально-железистый турмалин.

3. Южная Якутия. В железорудном месторождении Таежное (Богомолов, 1962) турмалин развит в магнезиальных эндоскарнах, околоскарновых породах и во вмещающих гнейсах. Он образует неправильные гнезда-жилки, струйчатые выделения, неравномерную вкрапленность. Турмалин развивается метасоматически, замещая породообразующие минералы, главным образом плагиоклазы. Турмалинизация большей частью накладывается на уже сформированные породы. Преимущественным развитием пользуется железистый турмалин черного цвета, дравит же встречается реже и имеет как черный, так и бурый цвет. В шлифах черный турмалин интенсивно окрашен в буровато-зеленые тона по Ng; бурый — окрашен слабо. Неполные химические анализы дравита приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Состав и свойства дравитов месторождения Таежное
(Южная Якутия)

Дравит	SiO ₂	TiO ₂	B ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	(Fe ₂ O ₃ + FeO)	MgO	Уд. вес.	Ng
Черный	34,70	—	10,20	31,60	6,57	9,71	3,115	1,657
Бурый	37,21	1,24	—	35,06	3,55	12,22	3,080	1,646
Бурый	34,02	1,26	—	36,05	2,35	13,69	3,075	1,644

К сожалению, в работе М. А. Богомолова не указано, к каким конкретно породам приурочены анализированные дравиты и поэтому приведенные данные не использованы при составлении графика рис. 5. М. А. Богомолов разделяет турмалины данного месторождения по парагенезису на две группы: содержащие диопсид (низкая железистость) и содержа-

щие роговую обманку (высокая железистость). При этом в случае низкой концентрации бора между турмалином и соответствующей породой развивается реакционная зона биотит-плагноклазового состава. В случае же высокой концентрации бора такой зоны не образуется и турмалин находится в равновесии с диопсидом или роговой обманкой.

4. Дальний Восток (Говоров и Благодарева, 1959). Бесцветный и серовато-белый турмалин развит в слюдисто-флюоритовых рудах и окружающих их метасоматических породах. Он образует длинно-призматические кристаллы размером до десятых долей миллиметра, неправильные зерна, радиально-лучистые сростки. $Ng = 1,639-1,641$; $Nr = 1,617-1,618$. Химический анализ (цифровые данные анализа в статье И. Н. Говорова и Н. С. Благодаревой отсутствуют) показал, что турмалин представляет натриево-магнезиальную разность с незначительным содержанием кальция и железа. Ассоциируется с флюоритом, мусковитом и эфеситом.

По И. Н. Говорову и Н. С. Благодаревой (1959), слюдисто-флюоритовые руды являются своеобразными десилицированными грейзенами, возникшими за счет замещения известняков. Метасоматические породы подобного типа названы парагрейзенами.

Австрия. Зальцбург. На месторождении Хабахталь в Восточных Альпах (Leitmeier, 1937; Ферсман, 1960) турмалин является второстепенной составной частью биотитовых сланцев, образующих реакционную зону вокруг пегматитовых жил. Иглы коричневого турмалина ассоциируются с биотитом и зеленым изумрудом.

Норвегия. Район Стурколлен-Бланкенберг (Storkollen-Blankenberg). В Крагерё (Green, 1956) черный турмалин присутствует в промежуточной зоне, развившейся между амфиболитами и альбититами и состоящей из кальциевого плагноклаза, биотита, амфибола, турмалина и акцессорного апатита. Турмалин представлен хорошо образованными порфиробластами до 2 см в диаметре. Плеохроизм по Ng — оливково-коричневый и по Nr — светлый голубовато-зеленый. Частичный химический анализ и оптика — в табл. 8 (анализ 3).

Северная Швеция. Мурухаттен (Muruhatten). Турмалинсодержащие породы развиты вокруг пегматитов и аплитов, залегающих в пироксенитах и амфиболитах (Du Rietz, 1935; 1938). Турмалин, подвергнутый химическому анализу (табл. 8, анализ 4), извлечен из турмалинового сланца, развитого по границе хлоритовых сланцев и инъекционных гнейсов. В состав турмалиновых сланцев входят плагноклаз № 30—36, турмалин, роговая обманка, биотит, мусковит, хлорит, гранат, рутил, цоизит, ильменит, эпидот-ортит, цоизит-ортит, пирротин. Содержание турмалина колеблется от небольшого количества до 20%. Он образует идиоморфные пойкилобласты до нескольких сантиметров длины и 0,5—5 см ширины. Турмалин сильно плеохроирует по Ng различными оттенками зеленого, оливково-зеленым с голубовато-зеленоватым ядром, по Nr — светло-желтовато-зеленым и голубовато-зеленым. Окраска по краям кристаллов часто слабее, чем в центре. Турмалиновые сланцы возникли в результате реакции амфиболитов и частично слюдяных сланцев с внедрившимися в них пегматитами (Du Rietz, 1935).

США. Штат Массачусетс. Жильные тела наждака в Честере (Emerson, 1898) залегают в амфиболитах и окружены биотитовыми или хлоритовыми оторочками. Жилы состоят из хлорита, магнетита и корунда. Турмалин коричнево-черного цвета встречается в самих жилах, но преимущественно развит в оторочках. Призматические кристаллы его достигают нескольких сантиметров длины и 0,5—2 см в диаметре. В турмалине много включений магнетита, что доказывает, по мнению Имерсона, его позднее образование в породе, как продукта метаморфизма. По мнению В. Н. Лодочникова (1936), вещество оторочки образовалось позднее

Состав и свойства дравитов из «реакционных» пород (в %)

Компоненты	1	2	2а	3	4	5	5а	5б
SiO ₂	35,46	35,44	36,11	36,67	36,70	35,48	36,40	36,95
TiO ₂	0,28	0,38	0,54	0,97	1,38	—	—	—
B ₂ O ₃	10,16	10,44	10,58	—	9,50	10,53	8,10	—
Al ₂ O ₃	33,88	35,87	32,31	31,70	30,97	33,84	33,30	32,93
Cr ₂ O ₃	Нет	Нет	Нет	—	0,03	—	—	—
Fe ₂ O ₃	0,51	1,86	3,01	3,40	1,73	—	—	—
FeO	4,85	1,87	1,67	0,57	2,94	5,77	5,35	3,78
MnO	0,09	0,07	0,04	Нет	Нет	0,04	—	0,05
MgO	7,37	8,00	9,15	9,91	8,83	8,87	10,29	10,03
CaO	1,43	1,33	0,92	0,95	1,63	1,20	2,14	0,89
Li ₂ O	—	Нет	Нет	—	Нет	—	—	—
Na ₂ O	2,18	2,15	2,43	0,60 [?]	2,49	2,20	—	2,78
K ₂ O	Следы	0,24	0,28	0,22 [?]	0,21	0,49	—	0,30
H ₂ O ⁺	2,64	2,25	1,98	—	3,49	1,87	2,10	3,60
H ₂ O ⁻	0,26	Нет	0,27	—	0,17			
Cl	Не обп.	0,03	0,03	—	—	—	—	—
F	1,11	0,40	1,35	—	Нет	—	—	—
P ₂ O ₅	—	Нет	Нет	—	Нет	—	—	—
Сумма	100,22	100,33	100,67	—	100,07	100,29	97,68	91,31
Уд. вес	3,08	3,0449	3,0459	—	3,250	—	—	—
Ng	1,656	1,6385— 1,6465	1,6569	1,643	1,648	1,645	1,648	1,648
Np	1,634	1,6174— 1,6218	1,6284	1,625	1,6256	1,624	1,626	1,628
Ng — Np	0,022	0,0211— 0,0247	0,0285	0,018	0,0224	0,021	0,022	0,020
Сумма хромифоров	5,73	4,18	5,26	4,94	6,08	5,81	5,35	3,83

1 — черный и буровато-черный, СССР, Центральный Урал (Власов и Кутукова, 1960); 2 — голубой, светло-голубой, бурый, СССР, Центральный Урал, Нижне-Исетская дача (Кравченко, 1940); 2а — темно-бурый, СССР, Центральный Урал, Нижне-Исетская дача (Кравченко, 1940); 3 — черный, Норвегия, район Стурколлен — Бланкенберг, Крагерё (Green, 1956); 4 — черный, Северная Швеция, Мурухаттен (Du Rietz, 1935); 5, 5а, 5б — черный, Япония, о-в Кюсю, Нишисоноги (Uchida a. Muta 1958). В 5б в оригинале сумма — 91,23%.

наждачного выполнения и имеет пневмато-гидротермальное происхождение.

Япония. О-в К ю с ю. В Нишисоноги (Nishisonogi) дравит присутствует в серицит-хлоритовой метаморфической зоне, состоящей из кварца, альбита, серицита, фуксита, хлорита, актинолита, талька, серпентина, карбоната и др. (Uchida, Muta, 1958). Химические анализы и оптика — в табл. 8. (5, 5а, 5б). Черные кристаллы дравита размером до 2 мм образуют хорошо ограненные призмы.

Китайская Народная Республика. С и н ь-Ц з я н. В Шаросулинском р-не (устное сообщение К. И. Чепижного) дравит развит в слюдяных сланцах по контакту с бериллоносными пегматитами, а также

Состав и свойства драгитов неизвестного происхождения (в %)

Компоненты	1	1а	1б	2	3	4	5	5а	5б	6	6а
SiO ₂	37,38	—	35,24	35,81	36,35	36,40	35,46	36,03	36,01	37,59	36,36
TiO ₂	0,06	—	Сл.	1,03	—	—	1,01	0,84	0,77	0,02	0,02
B ₂ O ₃	10,20	—	10,92	11,76	4,61	8,74	10,45	9,56	10,66	—	11,01
Al ₂ O ₃	34,00	—	35,65	31,61	35,76	33,64	32,37	32,79	32,70	32,70	32,84
Cr ₂ O ₃	0,23	0,23	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fe ₂ O ₃	3,71	3,83	0,37	—	—	—	—	—	—	2,68	—
FeO	—	1,02	3,66	5,98	4,78	3,13	2,26	2,16	2,59	1,10	4,18
MnO	Следы	—	0,07	0,06	—	—	0,03	0,03	0,03	—	—
MgO	10,26	9,50	7,61	7,85	10,01	10,01	10,73	11,07	10,99	9,68	9,49
CaO	0,58	—	0,97	0,44	0,47	1,51	2,71	2,49	2,28	0,28	0,23
Li ₂ O	—	—	0,27	—	—	—	—	—	—	—	—
Na ₂ O	2,18	—	1,97	2,82	2,89	2,49	1,64	1,54	1,09	1,47	1,37
K ₂ O	0,15	—	0,25	0,77	1,22	0,12	0,06	0,06	0,06	0,11	0,27
H ₂ O ⁺	1,33	—	3,14	1,96	} 2,87	3,53	3,29	3,41	2,72	} 2,98	—
H ₂ O ⁻	0,04	—	—	Нет							—
П.п.п.	—	—	—	—	—	—	—	—	0,41	—	—
F	0,70	—	0,20	Нет	—	0,74	0,13	0,09	—	0,14	—
SnO ₂	—	—	—	—	0,41	—	—	—	—	—	—
Сумма	100,82	—	100,32	100,09	99,37	100,31	100,14	100,07	100,31	—	—
Уд. вес	3,050	3,093	3,086	—	—	3,065	3,045	3,058	3,075	3,055	3,086
Ng	1,643	1,648	1,647	—	—	—	—	—	—	—	1,6455
Np	1,615	1,618	1,625	—	—	—	—	—	—	—	1,6198
Ng — Np	0,028	0,030	0,022	—	—	—	—	—	—	—	0,0257
Сумма хромофоров	3,77	—	4,10	7,07	4,78	3,13	3,30	3,03	3,39	3,80	4,20

1 — желтовато-зеленоватый, СССР, Средний Урал (Сливко, 1955); 1а — Урал (Сливко, 1955); 1б — темно-зеленый, СССР, Восточные Саяны, у автора сумма 100,33 (Коржинский, 1958); 2 — черный, Швейцария, кантон Тессин, Лаго Лид (Lago Lied; Jacob, 1937); возможно, турмалин принадлежит метаморфическим породам, ассоциируясь со ставролитом, клинито, мусковитом, гранатом, кварцем и альбитом (Niggli и. а., 1940); 3 — красно-коричневый, Германия, Вальтгейм (Hintze, 1897), у автора сумма 99,67%, мелкие зерна турмалина присутствуют в горной породе, состоящей в основном из альбитовой полевошпатовой массы; 4 — коричневый, США, штат Калифорния, Колфакс (Doelter, 1917), красивые радиально расположенные иглы (Clarke, 1910), 5, 5а, 5б — Индия, Кодарма (Kadarma), ручей Кархария (Karharia; Jakob, 1938); 6, 6а — темно-коричневые, Восточная Африка, Постен Сонджо (Posten Sonjo), сумма анализов не дана, образец состоит из кварца с вросшими в него хорошо ограниченными кристаллами турмалина (Becht, 1913).

в ксенолитах сланцев в пегматитах. Он образует темно-коричневые хорошо развитые призматические кристаллы до $7 \times 2,5$ см. В образце из Минералогического музея (№ 59315) содержится 0,66% Fe_2O_3 ; 0,20% FeO ; 0,46% TiO_2 ; следы MnO ; 0,22% CaO ; 9,75% MgO ; 34,08% Al_2O_3 ; $N_g = 1,637$ и $N_p = 1,614$. Образование дравита связывается с привнесом в сланцы бора из пегматитового расплава.

Мадагаскар. У Вулунандрунгу (Volonandrongu) во флогпитовом пегматите (Lacroix, 1922), секущем пироксениты, присутствуют большие кристаллы до 8—10 см коричнево-черного турмалина, почти бесцветного в тонких пластинках, с уд. весом 3,06. Турмалин содержит включения диопсида и окружен клиноцоизитом, эпидотом, альбитом. С последним он образует графическое сростание.

Образование турмалина в описанной группе пород объясняется: 1) взаимодействием пегматитов и аплитов с вмещающими их основными и ультраосновными породами, сопровождаемым развитием реакционных зон (Власов и Кутукова, 1960; Кравченко, 1940; Du Rietz, 1935; Green, 1956); 2) реакцией между ультраосновными и кислыми породами, вызванной региональным метаморфизмом и сопровождаемой развитием метаморфических зон (Uchido, Muta, 1958); 3) контактово-метасоматическим взаимодействием гнейсов и доломитовых мраморов, вызванным постмагматическими растворами (Богомолов, 1962); 4) гидротермальным воздействием широкого температурного размаха, связанным с теми основными и ультраосновными породами, в которых данные измененные турмалиносодержащие породы находятся (Людочников, 1936); 5) десилифицированием грейзенов, возникших за счет известняков (Говоров, Благодарева, 1959).

ВЫВОДЫ

Изложенный фактический материал и обобщение имеющихся в литературе данных позволяют сделать некоторые общие выводы, характеризующие основные качества и свойства, которые дают возможность «типоморфно» отделить в ряду турмалинов разновидность, относящуюся собственно к дравиту. Рассматривая генетическое положение турмалинов, выделенных в качестве дравита, можно сделать некоторые заключения о «типоморфности» дравита для тех или иных минералообразующих процессов и определенной геологической среды.

Химическая конституция дравита. Химический состав турмалина и его структура, как известно, являются очень сложными. Первые формулы, данные Кунитцем (Kunitz, 1929), для конечных изоморфных рядов шерл — дравит являются по существу эмпирическими. Благодаря этому у Кунитца и представления об изоморфизме в ряду шерл — дравит очень примитивны, так как он полагал для этого возможным ограничиться изоморфизмом между Mg^{2+} и Fe^{2+} без учета более сложной зависимости гетеровалентного характера. Махачки (Machatschki, 1929) дал формулу $\text{XY Si}_6\text{B}_3 (\text{O}, \text{OH}, \text{F})_{31}$, более близкую к современным представлениям, основанным на структурном изучении. Под группой X он объединил Na, K, Ca, Mn^{2+} ; группа Y = Al, Fe^{3+} , причем он полагал возможным замещение в группе Y части атомов на Li и особенно Mg.

Исследования Н. В. Белова (1962), работы Ито и Саданага (Ito, Sadanaga, 1951), Буэргера и др. (Buerger, Burnham, Peacor, 1962) показали для турмалинов, и в частности для дравита, наличие следующих структурных элементов³:

³ Приведенные ниже конкретные соотношения атомных количеств относятся к почти безжелезистому дравиту из месторождения Де Калба (США).

Центральные пустоты	Треугольник	Октаэдр	Октаэдр	Тетраэдр		
Na _{0,39} K _{0,01} Ca _{0,60}	V _{3,00}	Mg _{3,00}	Al _{5,42} Mg _{0,55} Fe _{0,03}	Si _{5,84} Al _{0,16}	O _{30,61} F _{0,47}	H _{3,00}
1,00			6,00	6,00		

Из этого представления о структуре вытекает, что характер замещения от магнезиального (дравит) к железистому (шерл) турмалину может идти как замещением Mg^{2+} на Fe^{2+} в октаэдрах, так и замещением Al^{3+} на Fe^{3+} в октаэдрах с центрами, занятыми трехвалентными катионами. Не исключена возможность замены части октаэдров Al^{3+} на соответствующие октаэдры с Mg^{2+} или Fe^{2+} , т. е. соотношение двух рядов октаэдрических пустот может быть и не обязательно 6 : 3. Как нам кажется, изоморфизм Ca^{2+} может осуществляться только в октаэдрах, соответствующих позиций $Na_{(6)}^{1+}$. Примерно такие же соображения высказываются и в работе М. М. Сливко (1962). Однако этот автор полагает возможным ввести и некоторые количественные соотношения возможного изоморфизма в ряду шерл — дравит и придает этому изоморфизму слишком широкий и усложненный характер. М. М. Сливко считает, например, возможной изоморфную замену $2Al^{3+}$ на $2Mg^{2+} + Ca^{2+}$ или, скажем, $Si^{4+} + O^{2-}$ на $(Al, V)^{3+} + (OH, F)^{1-}$.

Фактический материал, по имеющимся анализам, использованный для сопоставления и различных пересчетов в данной работе, показывает, что в общем под названием дравит следует понимать турмалины, у которых содержание MgO колеблется от 6 до 15%, а сумма окислов хромофоров (в том числе Fe^{3+} и Fe^{2+}) не превышает 7,5%. При интерпретации данных по химическому составу дравита возникает вопрос: существуют ли прямые зависимости при изоморфном замещении Mg^{2+} на Fe^{2+} , Al^{3+} на Fe^{3+} или эти зависимости осуществляются только при замене октаэдров с двухвалентными катионами на октаэдры с трехвалентными? К сожалению, из 79 отобранных из литературы анализов дравита, укладываемых в рамки приведенного выше понятия «дравит», примерно только в 30% анализов определение двух- и трехвалентного железа произведено раздельно. Не располагая данными о том, в каких условиях производилось это раздельное определение, учитывая, что при растирании пробы могло происходить окисление железа, мы остановились на возможности построения графика зависимостей по пересчитанным атомным количествам между Al и $Mg + Fe$ (суммарное), а также между Mg и $Fe_{сум}$. Из построенных графиков ясно видно, что зависимость существует между Al^{3+} и $Mg + Fe$: все анализы группируются вокруг некоторой прямой (см. рис. 2). На рис. 3 нанесены соотношения между Mg^{2+} и $Fe_{сум}$ показывающие, что в этом случае взаимозависимости нет. Аналогичная картина наблюдалась и на графике, построенном для Al^{3+} и Fe^{3+} .

Таким образом, изоморфизм в дравите осуществляется замещением в октаэдрической позиции суммы трехвалентных $(Al + Fe)^{3+}$ суммой двухвалентных катионов $(Mg + Fe)^{2+}$. Не отрицая возможностей и других видов замещений в турмалинах, разбираемых М. М. Сливко (1962), мы полагаем, что определяющим изоморфизмом в ряду шерл — дравит является именно изоморфизм между двух- и трехвалентными катионами, занимающими одинаково октаэдрические позиции.

Цвет дравита — преимущественно желтый, коричневый, бурый, черный, реже бесцветный, серый, зеленый и голубой.

Наиболее обстоятельные исследования окраски турмалинов, произведенные М. М. Сливко (1955), касаются розового, зеленого и черного цветов. Относительно коричневой окраски отмечается, что она вызывается ионами трехвалентного железа, но что «остается не выясненным ряд важных вопросов, касающихся соотношения окисного и закисного железа, при котором появляется коричневая окраска» (Сливко, 1955, стр. 42).

Мы располагаем данными по цвету и разделному содержанию окисного и закисного железа для 24 дравитов, заимствованными из литературы, а также 9 анализами, произведенными специально для выяснения вопроса о причинах окраски некоторых образцов дравита из коллекции Минералогического музея. В последних содержание закисного железа определялось при разложении турмалинов в вакууме. Все полученные данные помещены в табл. 10, из которой видно, что причина окраски является вопросом очень сложным, требующим специальных исследований.

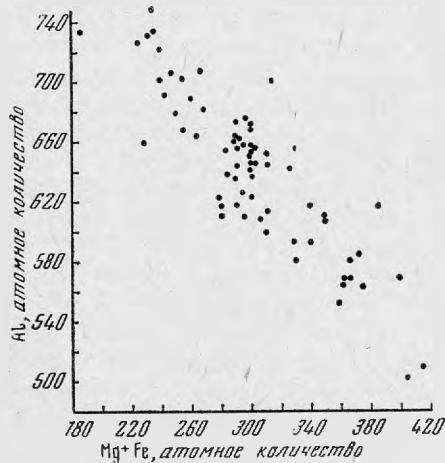


Рис. 2. Зависимость содержания в дравите Al и Mg + Fe (70 анализов)

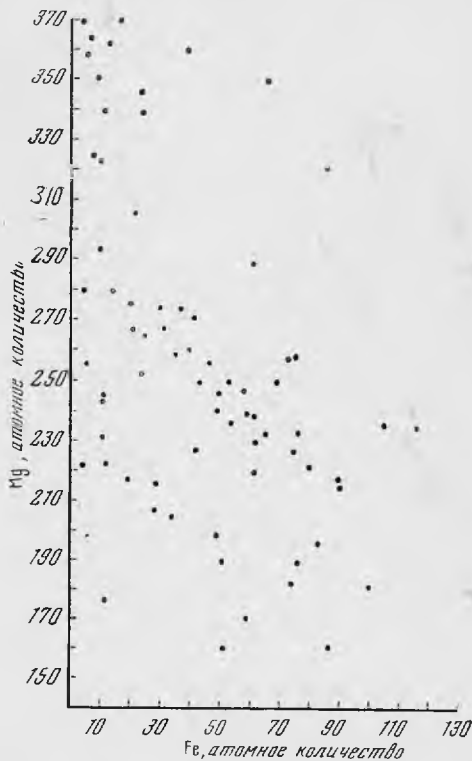


Рис. 3. Зависимость содержания в дравите Mg и Fe (72 анализа)

По В. В. Варгину (1940), известково-натровое стекло окрашивается закисью железа в голубой или зеленый цвет, а окисью — в коричневатожелтый. Однако по результатам первых четырех анализов, помещенных в табл. 10, видно, что дравит может быть окрашен в различные тона коричневого цвета при отсутствии в его составе окисного железа, а следовательно, за счет Fe^{2+} , количество которого колеблется в пределах 1,46—3,80% FeO. Присутствующая двуокись титана, по-видимому, не играет решающей роли в окраске, так как ее очень мало в первых трех анализах, а в четвертом, где 1,61% TiO_2 , закиси железа больше, чем двуокиси титана, почти в 2,5 раза. Кроме того, титан является более слабым хромофором, чем железо. Так, искусственный авгит, содержащий менее 3% Ti_2O_3 , окрашивается Ti^{3+} в слабый фиолетово-розовый цвет, авгит же с Ti^{4+} даже в количестве 10,77% TiO_2 оказывается бесцветным (Цветков, 1951).

Окраска драгитов и содержание в них хромофоров (в %)

Цвет	Номер* образца	Fe ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	MnO
Коричневый	61 088	Нет	1,46	—	0,38	Следы
Бурый до темно-бурого	64 113	»	1,80	—	0,17	—
Красновато-коричневый	51 668	»	2,65	—	0,41	Нет
Темно-коричневый	$\frac{6}{9a}$	»	3,80	—	1,61	Следы
Коричневый	$\frac{1}{2b}$	0,10	0,64	—	1,19	—
Светло-желтый	51 715	0,21	0,42	—	Следы	Следы
Светло-коричневый	19 805	0,40	1,03	—	»	Нет
Коричневый	51 714	0,43	0,20	—	0,55	Следы
Желто-коричневый	$\frac{1}{4}$	0,44	1,31	—	0,62	—
Коричневато-красный . . .	$\frac{2}{2}$	0,58	0,92	Нет	1,12	0,004
Темно-бурый	59 315	0,66	0,20	—	0,46	Нет
Красновато-коричневый	11 258	1,00	0,67	—	0,69	»
Бурый	65 086	1,03	0,59	—	0,61	»
Коричневый	$\frac{6}{14}$	1,51	0,35	—	0,29	—
»	$\frac{1}{6}$	1,82	3,23	—	—	—
Бурый, голубой	$\frac{8}{2}$	1,86	1,87	Нет	0,38	0,07
Желто-бурый	$\frac{2}{1}$	1,89	0,60	—	0,60	Следы
Темно-коричневый	$\frac{6}{11}$	2,08	3,59	—	0,82	0,03
Красновато-коричне- вый	$\frac{1}{7}$	2,35	0,70	—	0,025	—
Темно-коричневый	$\frac{9}{6}$	2,68	1,10	—	0,02	—
Темно-бурый	$\frac{8}{2a}$	3,01	1,67	Нет	0,54	0,04
Темно-зеленый до чер- ного	$\frac{6}{12}$	0,13	6,12	—	—	—
Черный, буровато-чер- ный	$\frac{8}{1}$	0,51	4,85	Нет	0,28	0,09
Угольно-черный	$\frac{4}{1}$	1,46	4,06	—	0,95	Следы
Черный	$\frac{8}{4}$	1,73	2,94	0,03	1,38	Нет
»	$\frac{3}{6}$	2,48	3,87	0,04	0,71	0,02
»	$\frac{8}{3}$	3,40	0,57	—	0,97	Нет
Светло-зеленый	$\frac{1}{1}$	—	0,54	—	0,32	0,05
Грязно-зеленый	$\frac{4}{3}$	—	3,654	1,166	—	0,90
Желтовато-зеленова- тый	$\frac{9}{1}$	3,71	—	0,23	0,06	Следы
Темно-зеленый	$\frac{9}{15}$	0,37	3,66	—	0,07	»
Бесцветный	$\frac{1}{36}$	—	0,22	—	0,05	—
Белый	$\frac{4}{7}$	Следы	0,22	—	0,15	0,01
Серый	$\frac{4}{8}$	»	6,54	—	0,40	0,20
Светло-серый	$\frac{4}{9}$	»	1,12	—	0,36	0,01
Голубовато-серый	$\frac{3}{2}$	0,18	1,80	—	0,18	Следы
Светло-серый	$\frac{5}{1}$	0,58	1,21	—	Следы	»

* В дробной нумерации анализов числитель отражает номер таблицы, а знаменатель — номер анализа.

Что касается соотношений окисного и закисного железа в коричневом драгите, то как при преобладании окисного железа над закисным (обр. 59315), когда содержится 0,66% Fe₂O₃ и 0,2% FeO или (обр. 65086) 1,03% Fe₂O₃ и 0,59% FeO, окраска драгита соответственно темно-бурая и бурая, так и при преобладании закисного железа над окисным (обр. 19805), когда имеется

0,4% Fe_2O_3 и 1,03% FeO , окраска может быть светло-коричневая. То же отмечается для дравитов $^{1/4}-^{6/14}$ и $^{1/6}-^{8/2a}$.

Зеленый цвет дравита в двух случаях (обр. $^{4/3}$, $^{9/1}$) явно обусловлен присутствием хрома, являющегося исключительно сильным хромофором. В двух других зеленых дравитах отсутствуют данные о содержании хрома, но оба содержат закисное железо. Интересно отметить, что обр. $^{9/16}$, содержащий 3,66% FeO и 0,37% Fe_2O_3 , окрашен темно-зеленый цвет, тогда как обр. $^{6/9a}$, лишенный Fe_2O_3 и содержащий 3,80% FeO , темно-коричневого цвета. Кроме того, при приблизительно равных содержаниях в двух образцах закисного и окисного железа цвет их может быть различным, например обр. $^{1/6}$, содержащий 1,8% Fe_2O_3 и 3,23% FeO , имеет коричневый цвет, а обр. $^{8/4}$, содержащий 1,73% Fe_2O_3 и 2,94% FeO , — черный.

Для дравитов, окрашенных в черный цвет, характерно преобладание закисного железа над окисным, однако обр. $^{8/3}$ является исключением, так как в нем 3,40% Fe_2O_3 и 0,57% FeO .

При сопоставлении суммы окислов хромофоров с цветом дравита (см. рис. 1) выделяется интервал между 3,8—7,0% суммы окислов хромофоров, в пределах которого встречаются дравиты, окрашенные как в коричневые цвета, так и в черные; основная же масса дравита коричневого цвета имеет сумму окислов хромофоров меньше 5%.

Бесцветные и серые тона окраски дравита в основном обусловлены тем, что кристаллики имеют чрезвычайно тонкоиглольчатый облик. Бесцветные же кристаллики дравита из Де-Калба (обр. $^{1/36}$) содержат 0,22% FeO , тогда как светло-желтые (обр. 51715) — 0,42% FeO и 0,21% Fe_2O_3 .

Удельный вес, свето- и двупреломление дравита (Deer a. oth., 1962) имеют следующие величины: уд. вес 3,03—3,15; $N_g = 1,635-1,664$, $N_p = 1,610-1,632$; $N_g - N_p = 0,021-0,026$. Если принять предложенное нами ограничение понимания термина дравит определенными границами колебания в составе между MgO и суммой хромофоров, то окажется, что он имеет уд. вес 2,925—3,30; $N_g = 1,6274-1,664$. $N_p = 1,6075-1,636$; $N_g - N_p = 0,017-0,030$.

Причиной широкого колебания полученных величин является переменный состав дравита, не ограничивающийся только указанными выше данными. Как показал В. Соболев (1949), наибольшее изменение показателей преломления вызывают входящие в состав минерала Fe_2O_3 и TiO_2 , причем на 1% Fe_2O_3 повышение светопреломления в силикатах равно примерно 0,005—0,006, а для 1% TiO_2 — до 0,008. FeO вызывает меньшее увеличение, равное примерно 0,0025 на один весовой процент, а MnO — 0,002. Уменьшает светопреломление замена OH^{1-} на F^{1-} , причем на 1% F понижение приблизительно отвечает 0,004.

В описываемом дравите, как видно из приведенных таблиц, содержание MnO определено только в половине анализов, причем преобладают значения, отвечающие сотым долям процента. Содержание фтора также определено только в 50% анализов, но при этом половина из них содержит фтора от 0,20 до 1,35%, что может вызвать уменьшение светопреломления приблизительно на 0,001—0,006. Таким образом, оказалось возможным проследить только влияние титана и железа, для чего на рис. 4 по оси абсцисс отложены суммы $\text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$, а по оси ординат — значения N_g , N_p , $N_g - N_p$ и уд. веса в рассматриваемом дравите. Несмотря на значительный разброс точек, на графике отражена общая тенденция возрастания значений оптических констант и удельного веса с увеличением содержания суммы двуокиси титана, окиси и закиси железа.

Попытка применить приведенные В. Соболевым цифровые значения влияющих на светопреломление компонентов, показала также общую

тенденцию увеличения показателей преломления с возрастанием суммы двуокиси титана, окиси и закиси железа. Однако отдельные данные не укладываются в предложенную им схему. Обр. $\frac{9}{16}$ имеет: 0,37% Fe_2O_3 ; 3,66% FeO ; следы TiO_2 ; $N_{\text{ср}} = 1,636$, а обр. $\frac{8}{3}$ 3,40% Fe_2O_3 ; 0,57% FeO ;

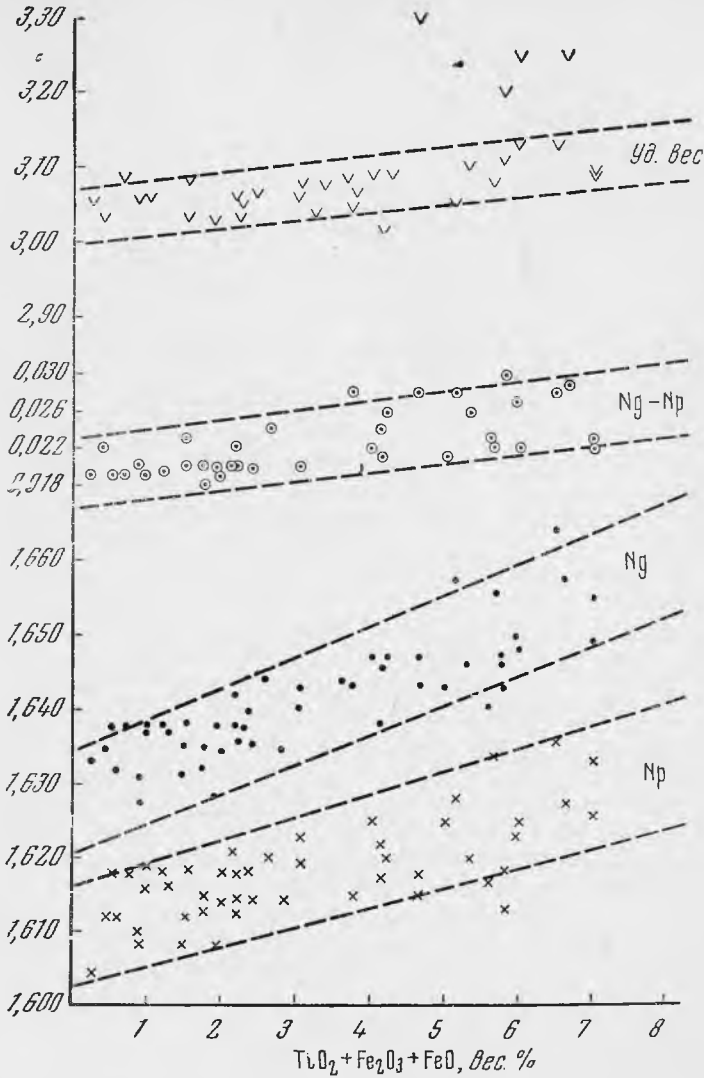


Рис. 4. Зависимость удельного веса, свето- и двупреломления дравита от суммы $\text{TiO}_2 + (\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO})$

0,97% TiO_2 ; $N_{\text{ср}} = 1,634$; приведенные окислы должны увеличивать средний показатель преломления в обр. $\frac{9}{16}$ на 0,010, а в обр. $\frac{8}{3}$ на 0,027; следовательно, последний должен был бы обладать светопреломлением не менее чем на 0,01 выше, чем первый. В обр. $\frac{8}{2a}$ имеется: 3,01% Fe_2O_3 ; 1,67% FeO ; 0,54% TiO_2 ; 1,35 F; $N_{\text{ср}} = 1,6425$, а в обр. $\frac{8}{4}$ — 1,73% Fe_2O_3 ; 2,94% FeO ; 1,38% TiO_2 ; F нет; $N_{\text{ср}} = 1,636$; учитывая влияние повышающих и снижающих средний показатель преломления компонентов, обр. $\frac{8}{4}$ должен был бы обладать более высоким светопреломлением (0,028), чем обр. $\frac{8}{2a}$ (0,020). И, наконец, если сравнить обр. $\frac{8}{2a}$ и обр. $\frac{8}{1}$, имеющих 0,51% Fe_2O_3 ; 4,85% FeO ; 0,28% TiO_2 ; 1,11% F; $N_{\text{ср}} = 1,646$, то у

последнего среднее светопреломление должно было быть ниже, чем у $^{8/2a}$, так как перечисленные компоненты должны были бы увеличивать светопреломление только на 0,013 в сравнении с $^{8/2a}$, где оно равно 0,02.

Приведенные примеры свидетельствуют о существовании более сложной зависимости светопреломления дравита от состава, хотя, как указано выше, имеется общая тенденция более крутого возрастания светопреломления и более пологого двупреломления и удельного веса с увеличением содержания в дравите железа и титана.

Формы выделений дравита очень разнообразны. Он встречается в виде равномерно рассеянных в породе зерен, шаровидных агрегатов, радиально-лучистых, веерообразных, стеблевидных и неправильных сростков, а также в виде плотных масс и войлокоподобных скоплений. Дравит образует неправильные и изометрические зерна, призмы, иглы, волокна, а также хорошо ограненные кристаллы. Последние чаще обладают хорошо развитой призмой, реже имеют конечные грани на одном конце кристалла и еще реже встречаются двуконечные с большим количеством граней кристаллы. Кроме призматических кристаллов, были встречены лишненные призмы формы. Хорошо развитые кристаллы дравита присутствуют во всех выделенных выше группах пород и генетических типах, но наиболее часто они обнаруживаются в известняках и доломитах. Плотные массы и войлокоподобные скопления дравита, состоящие из очень тонких, но длинных индивидов, характерны для кварцевых жил и гидротермальных рудных месторождений. В плотных массах волокна дравита могут быть расположены беспорядочно, но могут быть ориентированы параллельно, и в таком случае агрегаты приобретают шелковистый блеск.

Генетический тип пород и минеральных месторождений, где находится дравит, весьма разнообразен. Дравит встречается в метаморфизованных известняках, доломитах, гипсах, в гнейсах, сланцах, кварцитах, адинолах, в гранитах, пегматитах, кварцевых жилах, в виде мономинеральных прожилков, в гидротермальных рудных месторождениях, в метаморфизованных основных породах (биотитовые, тремолитовые, хлоритовые, тальковые, серпентиновые, метаморфические породы и сланцы), в зеленокаменных сланцах, в метасоматических туфах и в «реакционных» породах (изумрудоносные, корундовые, флогопитовые пегматиты, скарны, реакционные зоны и т. д.).

На рис. 5, построенном в тех же координатах, как и рис. 1, выделены поля, характеризующие состав дравита в перечисленных выше группах. Из рис. 5 видно, что разности, наиболее богатые MgO , приурочены к известнякам, доломитам и гипсу. Они образуют самостоятельную несколько обособленную группу, носящую название гувернерита (Дана, 1937). Для нее характерно содержание MgO от 12,84 до 14,92% и CaO в основном от 2,41 до 6,92% и реже ниже. Наиболее беден CaO (1,31%) дравит из доломита Камполунго (Швейцария), но в то же время он наиболее богат Na_2O (4,41%), что соответствует сказанному выше о кристаллохимическом характере изоморфизма между Ca и Na . Кунин (Kunitz, 1929) также отмечает, что турмалины, богатые магнием и известью, т. е. относящиеся к дравит-увитовому ряду, в своем распространении ограничены доломитовыми и известковыми породами, что указывает на определенное «типоморфное» влияние состава пород на состав и свойства образующегося в них турмалина.

Дравит из метаморфизованных основных пород содержит MgO преимущественно в пределах 9,23—11,79%, и только в двух анализах из 14 MgO достигает более высокого значения — 12,91 и 13,89%, попадая в поле состава, характерное для предыдущей группы. Таким образом, в основном дравит данной группы является менее магниезальным, чем вышеописанный. Содержание CaO в подавляющем числе анализов не превышает

ет 2% и в единичных достигает 3,5—4,5%. Количество железа колеблется в широких пределах от 0,30% FeO до 7,68% ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$), т. е. имеется постепенный переход к разностям турмалина, богатым Mg и Fe, и по составу лежащим за пределами рассматриваемого дравита. В данной группе пород встречаются дравиты, содержащие Cr_2O_3 от сотых долей до 4,32%, что геохимически закономерно.

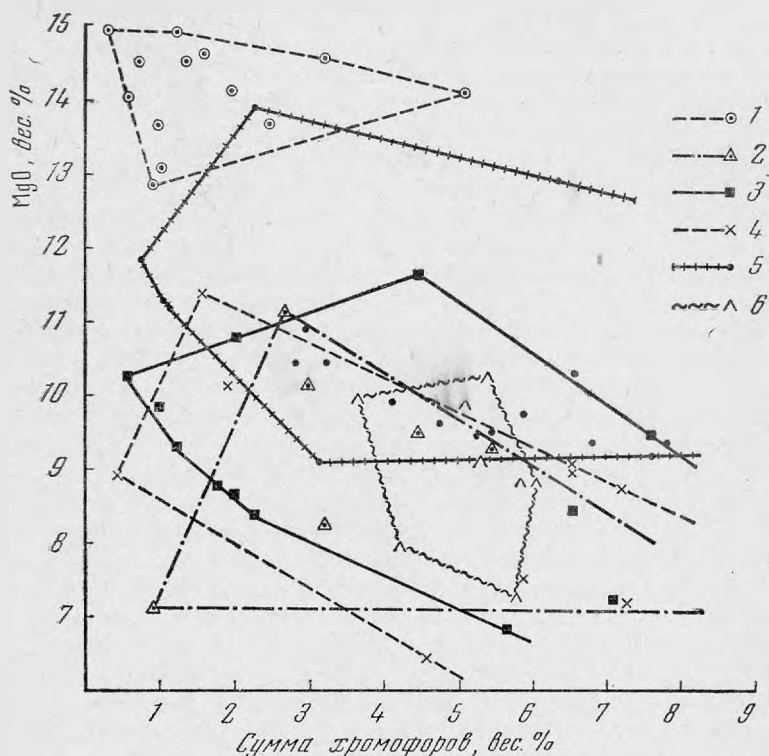


Рис. 5. Зависимость состава дравита от генетического типа породы, содержащей его:

- 1 — карбонатные породы и гипсы; 2 — гнейсы, сланцы, кварциты, адинолы и др.
 3 — граниты и пегматиты; 4 — кварцевые жилы; 5 — метаморфические породы основного состава; 6 — реакционные породы

В группе месторождений дравита, состоящей из гнейсов, сланцев, кварцитов адинолов и др., имеется мало химических анализов и поэтому трудно подметить какую-либо особенность в его составе. Однако в дравите наблюдается снижение содержания MgO, особенно его нижнего значения, в сравнении с дравитом предыдущих групп. MgO колеблется от 7,12 до 11,10%, а CaO не превышает 2,64. Количество железа, как и в группе метаморфизованных основных пород, колеблется широко, т. е. от 0,87% ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$) и до предела состава, рассматриваемого в данной статье, т. е. переходит к разностям турмалина, богатым Fe, и Mg.

В группе, состоящей из гранитов и пегматитов, а также в группе кварцевых жил поля составов дравита перекрывают друг друга, и если в первой содержание MgO колеблется от 6,80 до 11,62%, то во второй от 6,44 до 11,40%. Содержание же CaO в первой группе низкое, не превышающее в общем 1,18%, тогда как в группе кварцевых жил оно колеблется от 0 до 3,92%. Количество железа варьирует широко с переходом к разностям, богатым Mg и Fe, т. е. к шерлу. К сожалению, для описываемых групп количество химических анализов, как и для предыдущей группы,

Содержание MgO и CaO в дравите по группам пород (в %)

Группа пород	MgO	CaO
Известняки, доломиты, гипсы . .	12,84—14,92	2,41—6,92
Метаморфизованные основные породы	9,23—11,79	До 2
Гнейсы, сланцы, кварциты, адиолы и др.	7,12—11,10	» 2,64
Граниты, грейзенизированные граниты, пегматиты	6,80—11,62 (12,8)	» 1,18
Кварцевые жилы	6,44—11,40	0,00—3,92
«Реакционные» породы	7,34—10,29	До 2,14

очень мало, что не позволяет уловить каких-либо более тонких закономерностей.

В группе «реакционных» пород дравит анализирован только с пяти месторождений, причем анализы укладываются в пределах ограниченного поля. Содержание MgO в дравите колеблется от 7,37% до 10,29%,

Т а б л и ц а 12

Минеральный парагенезис дравита

Известняки, доломиты, гипсы	Гнейсы, сланцы, кварциты, адиолы и др.	Граниты, пегматиты	Кварцевые жилы	Гидротермальные рудные месторождения	Метаморфические основные породы	«Реакционные» породы
		В гранитах				
Кварц	Кварц	Кварц	Кварц	Кварц	Кварц	Кварц
Рутил	Лейкоксен	Олигоклаз	Аметист	Гематит	Рутил	Рутил
Корунд	Силлиманит	Ортоклаз	Гематит	Слюда	Магнетит	Корунд
Диаспор	Актинолит	Мусковит	Рутил	Кальцит	Тремолит	Хризоберилл
Шпинель	Слюды	Лимонит	Ильменит	Доломит	Актинолит	Фенакит
Циркон	Полевые шпаты		Лимонит	Пирит	Тальк	Диаспор
		В пегматитах				
Кианит	Кальцит	Магноколумбит	Монацит	Арсенопирит	Биотит	Берилл
Титанит		Ильменорутил	Биотит	Сфалерит	Хлорит	Изумруд
Везувиан		Ильменит	Мусковит	Галенит	Маргарит	Диопсид
Пироксен		Кварц	Хлорит	Борнит	Серпентин	Актинолит
Тремолит		Андалузит	Альбит	Смальтин	Карбонат	Роговая обманка
Паргасит		Кордиерит	Каолинит	Флюорит		Гранат
Тальк		Олигоклаз	Доломит			Эпидот
Слюда		Альбит	Кальцит			Тальк
Хлорит		Мусковит	Анкерит			Слюда
Лейхтенбергит		Тальк	Доломит			Хлорит
Эпидот		Магнезиотриплит	Пирит			Маргарит
Полевые шпаты						Полевые шпаты
Скаполит						Карбонат
Апатит						Флюорит
Карбонаты						Апатит
Графит						
Пирит						
Сфалерит						
Пирротин						
Реальгар						

а СаО от 0,89% до 2,14%. Количество железа варьирует в пределах 3,73—5,77%.

Таким образом, химический состав дравита находится в зависимости от состава тех пород, в которых он кристаллизуется. Для наглядности все изложенные выше данные по содержанию MgO и СаО помещены в табл. 11.

Из табл. 11 видно, что с известняками, доломитами и гипсами, т. е. с породами, богатыми магнезией и известью, связаны дравиты, обогащенные этими компонентами. Метаморфизованные основные породы также богаты магнезией, но они беднее известью, что соответственно отразилось на составе дравита. Значительное колебание в содержании магнезии наблюдается в гнейсах и других, входящих в эту группу породах, а также в гранитах, пегматитах и кварцевых жилах, при этом в составе дравита происходит снижение содержания MgO. Кроме того, граниты и пегматиты бедны известью, что отразилось на низком содержании в минерале СаО. Кварцевые жилы в зависимости от их геохимического типа могут содержать различное количество извести и соответственно в дравите наблюдается широкое колебание количества СаО. Что касается железа, то для всех групп характерно переменное его содержание, с чем связано расширение полей состава дравита в область шерлов, богатых и железом и магнезией.

Данных о содержании в дравите элементов-примесей очень мало, поэтому нельзя делать каких-то выводов, но приведенный в литературе материал позволяет видеть, что такие элементы, как Sr, V, Ga присутствуют в дравите из метаморфизованных основных пород, пегматитов, кварцевых жил и гидротермальных рудных месторождений.

Некоторый интерес может представить предварительная сводка данных о минеральном парагенезисе, характеризующем дравит в выделенных нами генетических типах пород и минеральных месторождений (см. табл. 12). Наибольшим богатством и разнообразием минералов в ассоциации с дравитом характеризуются месторождения его в известняках и доломитах, а также в выделенной нами под условным названием группе «реакционных» образований. В какой-то мере и по своему качественному составу эти ассоциации являются близкими, что обусловлено тем, что в формировании контаминированных «реакционных» пород и минеральных тел нередко принимают участие известково-магнезиальные (часто карбонатные) породы. Следующими по богатству и разнообразию минералов являются гранитные пегматиты и кварцевые жилы. И, наконец, наиболее простыми по составу являются ассоциации дравита, находимые в гнейсах, сланцах, кварцитах, адинолах и др.

Л И Т Е Р А Т У Р А

- Арапов Ю. А. Геология и петрография оловоносных пегматитов верховьев р. Ляйляк.— Труды Таджикско-Памирской эксп. 1934 г. 1936, вып. 51.
- Ауэрбах А. О турмалине русских месторождений. СПб., 1868.
- Бадалов С. Т. 1. Новая разновидность турмалина.— Зап. Узб. отд. Всес. мин. об-ва, 1951, вып. 2.
- Бадалов С. Т. 2. О ванадиевых разностях турмалина и граната.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1951, ч. 80, вып. 3.
- Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии.— Мин. сб. Львовск. ун-та, 1962, № 16.
- Бетехтин А. Г. Минералогия. М., Госгеолыздат, 1950.
- Богомолов М. А. О турмалинах из магнезиальных скарнов Таежного месторождения (Южная Якутия).— Труды Якутского филиала СО АН СССР, 1962, сб. 11.;
- Болгов Г. П., Вейц Б. И., Петровская Н. М., Покровская И. В., Розыбакиева Н. А., Тащипина М. В. Минералы полиметаллических месторождений Рудного Алтая, т. II. Алма-Ата, Изд-во АН Казахской ССР, 1957.

- Бресковская В., Ескенази Г. Турмалин от някои български находища. Год. Соф. унив., БГГ ф-т, 54, кн. 2 геол. (1959—1960), 1961.
- Варгин В. В. Производство цветного стекла. М., Гос. изд-во легкой пр-сти, 1940.
- Винчелл А. Н. Оптическая минералогия. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1949.
- Воробьев В. И. Кристаллографические исследования турмалина с Цейлона и из некоторых других месторождений. СПб., 1901.
- Гинзбург А. И., Круглова Н. А., Молева В. А. Магнезотриплит—новый минерал в группе триплита.— Докл. АН СССР, 1951, 77, № 1.
- Говоров И. Н., Благодарова Н. С. Метасоматическая зональность в рудах флюоритовых месторождений Дальнего Востока.— Сообщения Дальневосточного филиала СО АН СССР, 1959, вып. 10.
- Гольдшмидт В. М., Петерс К. К геохимии бора.— В сб. «Статьи по геохимии редких элементов». М.—Л., ГОНТИ НКТП, 1938.
- Горошников Б. И. Про турмалин из зоны Саксаганьского насуву.— Геол. журн. АН УРСР, 1956, 16, вып. 3.
- Дана Э. С. Описательная минералогия. Л.—М., ОНТИ НКТП СССР, 1937.
- Кокорин А. М. Турмалин из оловорудных месторождений Приамурья.— В кн. «Тезисы докладов на IV научн. конф. молодых специалистов». Владивосток, 1961.
- Коржинский Д. С. Закономерности ассоциации минералов в породах архея Вост. Сибири.— Труды ИГН АН СССР, 1944—1945, вып. 61 (петрограф. сер., 21).
- Коржинский А. Ф. Термооптические исследования минералов группы эпидота и некоторых турмалинов.— Труды 5-го совещания по экспериментальной и технической минералогии и петрографии. Изд-во АН СССР, 1958.
- Кравченко Г. Т. Турмалин 269 квартала Нижне-Исетской дачи на Урале.— Труды ИГН АН СССР, 1940, вып. 9.
- Лабунцов А. Н. Геолого-минералогические исследования на Западном Памире и в провинции Бадахшан в Афганистане в 1928 г.— Труды Памирской экп., 1930, вып. 4.
- Лебедев А. П. Петрографические исследования на Малом Хингане в 1935 г. (бассейны рек Самары, Полигеевки и Сутора).— Труды Дальневосточного филиала АН СССР, сер. геол., 1939, т. 1.
- Лодочников В. Н. Серпентины и серпентиниты Ильчерские и другие.— Труды ЦНИГРИ, 1936, вып. 38.
- Онтоев Д. О. О составе некоторых рудообразующих турмалинов.— Труды ИГЕМ АН СССР, 1956, вып. 3.
- Петровская Н. В. Пегматиты Мамско-Витимского слюдоносного р-на.— В кн. А. Е. Ферсман. Пегматиты, т. 1. Изд-во АН СССР, 1940.
- Россовский Л. Н. Пегматиты в магнетитовых мраморах из района месторождения благородной шпинели Куги-Ляль на Юго-Западном Памире. Минералы СССР.— Труды Мин. музея АН СССР, 1963, вып. 14.
- Руб М. Г. Гранитоиды Приханкайского района и основные черты их металлоносности.— Труды ИГЕМ АН СССР, 1960, вып. 33.
- Сердюченко Д. П. О некоторых богатых бором осадочно-метаморфических фациях.— Докл. АН СССР, 1955, 102, № 4.
- Сердюченко Д. П., Глебов А. В. Турмалины и турмалиновые породы из Федоровской свиты Адданского архея.— В сб. «Железные руды Южной Якутии». Изд-во АН СССР, 1960.
- Сливко М. М. Исследование турмалинов некоторых месторождений СССР. Изд-во Львовск. гос. ун-та, 1955.
- Сливко М. М. Особливости хімічного складу турмалинів шерлітдравітового ряду.— Вісник Львівського унів., сер. геол., 1962, вып. 1.
- Смирнов С. С. Полиметаллические месторождения и металлогения Восточного Забайкалья. Изд-во АН СССР, 1961.
- Соболев В. Введение в минералогию силикатов. Изд-во Львовск. гос. ун-та, 1949.
- Талдыкина К. С. Минералогия полиметаллических месторождений ключкинской группы Восточного Забайкалья. Изд-во АН СССР, 1962.
- Ферсман А. Е. Пегматиты. Избранные труды, т. VI. Изд-во АН СССР, 1960.
- Хамрабаев И. Х. Магматизм и постмагматические процессы в Западном Узбекистане. Ташкент, 1958.
- Хольтедаль У. Геология Норвегии, т. 1. М., Изд-во иностр. лит-ры, 1957.
- Цветков А. И. Изоморфные замещения в группе бесщелочных пироксенов.— Труды ИГН АН СССР, 1951, вып. 138.
- Чухров Ф. В. Состав и парагенез анкерита из месторождений Маралиха, Риддер и Бестюбе.— Зап. Всес. мин. об-ва, 1945, ч. 74, вып. 1.
- Шендерова А. Г. О хромсодержащем дравите Криворожья.— Мин. сб. Львовск. геол. об-ва, 1955, № 9.
- Щербак И. Б. Турмалин села Хоцевато на Среднем Побужье.— Мин. сб. Львовск. геол. об-ва, 1961, № 15.
- Юрк Ю. Ю., Рябкоконь С. М., Шнюков Э. Ф. Турмалины Украинского

- кристалічного шита.— Труды ин-ту геол. наук АН УРСР, сер. петрог., мінералогії та геохімії, 1960, вып. 6.
- Agrell S. O. Dravite-bearing rocks from Dinas Head, Cornwall (England).— *Mineral. Mag.*, 26, № 174, 1941.
- Bassett H. A vanadiferous variety of tourmaline from Tanganyika.— *Rec. Geol. Surv. Tanganyika*, 1953 (1956), 3.
- Becht K. Beiträge zur Kenntnis der Magnesia-Tourmaline. Heidelberg, 1913.
- Bøggild O. B. The mineralogy of Greenland.— *Gontribs. Mineral. Mineral. and Geol. Museum of the University, Copenhagen*, 1953, 149, № 3.
- Bruce E. L. Magnesian tourmaline from Renfrew, Ontario.— *Mineral. Mag.*, 1917, 18, № 84.
- Buerger M. J., Burnham C. W., Peacor D. R. Assessment of the several structures proposed for tourmaline.— *Acta Crystallogr.*, 1962, 15, pt. 6.
- Chmura K., Lewowicki S. Uwagi a. procesach metamorficznych w obrębie skal paleozoicznych okolic jęglowej na Dalnym Śląsku.— *Przegl. geol.*, 1958, Rok VI, № 8/9.
- Clarke F. W. Analysis of rocks and minerals.— *Bull. Geol. Surv. U. S.*, 1910, № 419.
- Dana J. D. The System of mineralogy. London, 1911.
- Deer W. A., Howie R. A., Zussman J. Rock-forming minerals. London, 1962.
- Doelter C. Handbuch der Mineralchemie. Leipzig, 1917.
- DuRietz T. Peridotites, serpentines and soapstones of Northern Sweden.— *Geol. föreni. Stockholm förbundl.*, 1935, 57.
- DuRietz T. The infection metamorphism of the Muruhatten region and problems suggested thereby.— *Arsbok Sveriges geol. undersökn. ser. C.*, 1938, 32, № 6 (416).
- Emerson B. K. Geology of old Hampshire Con. Massachusetts Monographs U. S. Geol. Surv. 29, Washington, 1898.
- Engelman Th. Über den Dolomit des Binnenthales und seine Mineralien verglichen mit dem des Campolongo.— *Z. Kristallogr.*, 1878, 2, H. 3.
- Finlayson The nephrite and magnesite rocks of the South Island of New Zealand.— *Quart. J. Geol. Soc.*, 1909, 65, Pt. 1, № 257.
- Frondel C., Collette R. L. Synthesis of tourmaline by reaction of mineral grains with NaCl—H₃BO₃ solution, and its implications in rock metamorphism.— *Amer. Mineralogist*, 1957, 42, № 11—12.
- Gasser G. Die Mineralien Tirols. Innsbruck, 1913.
- Gordon S. G. The mineralogy of Pennsylvania. Acad. Natur. Sci. Philadelphia, № 1, 1922.
- Green J. C. Geology of the Starkollen-Blankenberg area, Krager Norway.— *Norks. geol. tidsskr.*, 1956, 36, H. 2.
- Gübelin E. Die Mineralien im Dolomit von Campolungo (Tessin).— *Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt.*, 1939, 19.
- Harada Z. Beiträge zur Kenntnis des Turmalins von Japan.— *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, ser IV, 1939, 4, № 3.
- Hintze C. Handbuch der Mineralogie. Leipzig, 1897.
- Hutton C. O., Seelye F. T. The mineralogy of New Zealand.— *Trans. Roy. Soc. N. Z.*, 1945, 75, pt. 2.
- Ito T., Sadanaga R. A fourier analysis of the structure of tourmaline.— *Acta crystallogr.*, 1951, 4, pt. 5.
- Jakob J. Analysen dreier Tessiner Turmaline.— *Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt.*, 1937, 17, H. 1.
- Jakob J. Der Turmalin von Karharia Stream, Kodarma, Britisch Indien.— *Schweiz. mineral. und petrogr. Mitt.* 1938, 18, H. 2.
- Kunitz W. Die Mischungsreihen in der Turmalin-Gruppe und die genetischen Beziehungen zwischen Turmalinen und Climmer.— *Chem. Erde*, 1929, 4, H. 2.
- Lacroix A. Les phénomènes de contact de la lherzolite et de quelques ophites des Pyrénées.— *Bull. Serv. Carte géol. France*, 1895, 6, № 42.
- Lacroix A. Minéralogie de la France et de ses colonies. Paris, 1893 (I), 1910 (IV).
- Lacroix A. Minéralogie de Madagascar, v. I. Paris, 1922.
- Leitmeier H. Das Smaragd vorkommen im Habachtal in Salzburg und seine Mineralien.— *Z. Kristallogr. Mineral. und Petrogr.*, Abt. B, 1937, 49, H. 4—5.
- Machatschki F. Die Formeleinheit des Turmalins.— *Z. Krystallogr.*, 1929, 70, H. 3.
- McKie D. Notes on some minerals from Tanganyika.— *Rec. Geol. Surv. Tanganyika*, 1955 (1956), 5.
- Mawson D., Dallwitz W. B. Soda-rich leucogranite cupolas of Umberana.— *Trans. Roy. Soc. S. Australia*, 1945, 69.
- Niggli P., Koenigsberger J., Parker R. L. Die Mineralien der Schweizeralpen, Bd. I, II. Basel, 1940.

- Rath R., Puchelt H. Dravit von Gouverneur.— Neues Jahrb. Mineral. Monatsh., 1959, H. 1.
- Riggs R. B. The analysis and composition of tourmaline.— Amer. J. Sci., Ser. 3, 1888, 35, № 205.
- Sargent G. W. Die quantitative Bestimmung der Borsäure in Turmalin.— Z. Kristallogr., 1901, 34.
- Simpson E. S. Contributions to the mineralogy of Western Australia. Ser. VI.— J. Roy. Soc. W. Australia, 1930—1931, 17.
- Simpson E. S. Mineralogy of West Australia. 2, Perth, 1951.
- Strunz H. Mineralogische Tabellen. Leipzig, 1957.
- Sugi K. On the granitic rocks of Tsukuba District and their associated injection Rocks.— Japan. J. Geol. and Geogr., 1930, 8, № 1—2.
- Uchida I., Muta K. The talc deposits in Northern Kyūshū II. On the talc deposit of the Nichisonogi type.— Chishitsugaku Zasshi. 1958, 64, № 757.
- Ward G. W. Chemical and optical study of the black tourmalines.— Amer. Mineralogist, 1931, 16, № 4.
- Webster R. Tanganyika Tourmaline Gemmologist, 1961, 30, № 356.
- Wülfing E. A. Über einige kristallographische Konstanten des Turmalins und ihre Abhängigkeit von seiner chemischen Zusammensetzung. Stuttgart, 1900.
- Zepharovich V. R. Mineralogisches Lexicon für das Kaiserthum Oesterreich, Bd. I. Wien, 1859; Bd. II, Wien, 1873; Bd III. 1893.