

А.Н. Заварицкий

**Коренные месторождения
платины на Урале**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 55
ББК 26.3
А11

A11 **А.Н. Заварицкий**
Коренные месторождения платины на Урале / А.Н. Заварицкий – М.: Книга по Требованию, 2021. – 65 с.

ISBN 978-5-458-30343-9

Итоговая монография будущего академика А.Н.Заварицкого о результатах его исследований уральского типа коренных месторождений платины. Эта книга внесла много нового в учение о рудных месторождениях. А.Н. Заварицкий пришел к выводу о том, что самородная платина не принадлежит к кумулятивным образованиям, как считалось ранее, а возникла в результате химических реакций и распада соединений платины с другими элементами в дунитовой магме. Эти представления до некоторой степени близки к современным, предполагающим образование платины в результате сложных реакций в твердом дуните. Книга отличается тщательностью анализа и взвешенностью выводов. Несмотря на прошедшие 80 лет, на нее до сих пор ссылаются.

ISBN 978-5-458-30343-9

© Издание на русском языке, оформление

«YOYO Media», 2021

© Издание на русском языке, оцифровка,

«Книга по Требованию», 2021

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, кляксы, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первозданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.

Коренные месторождения платины на Урале.

(Предварительное сообщение о работах 1922—1925 гг.)

А. Н. Заварицкий.

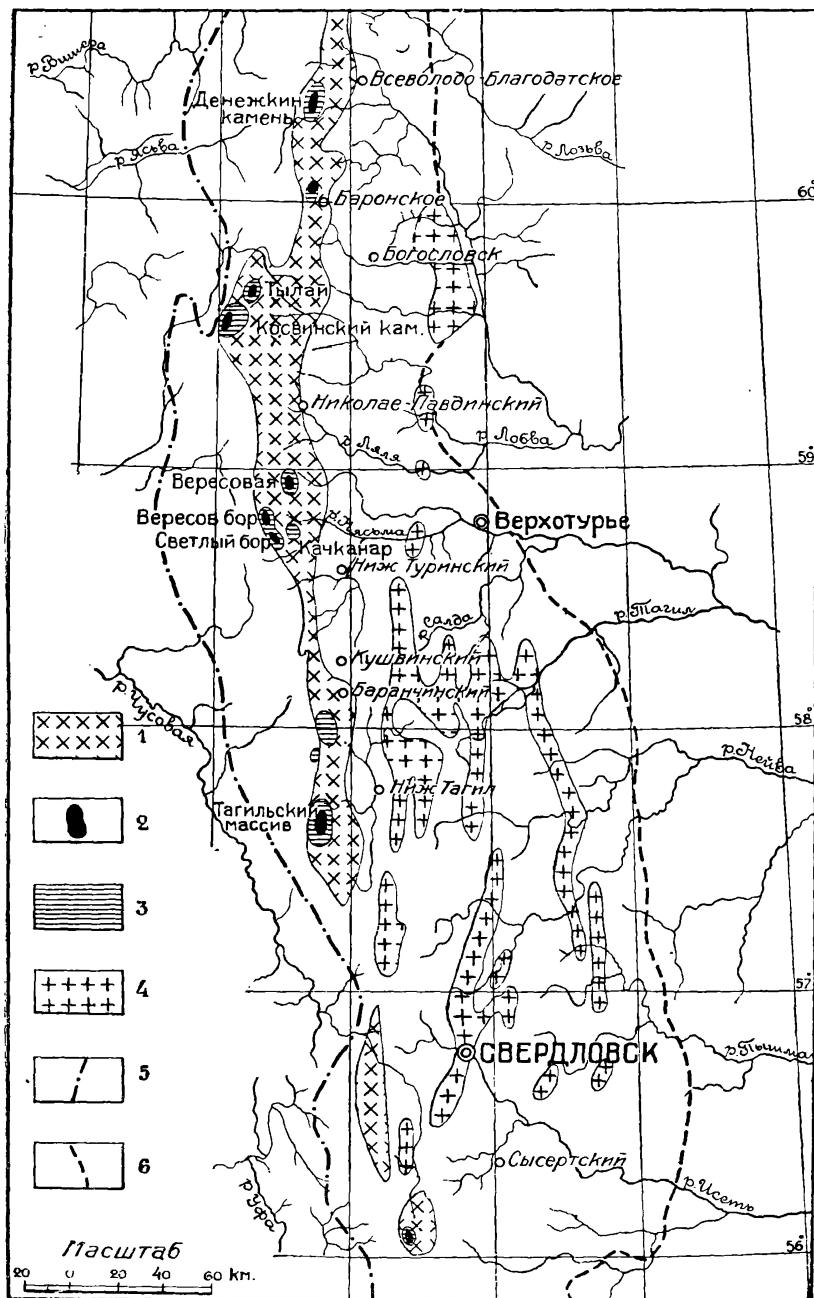
(Primary platinum deposits of the Urals. By A. Zavaritsky.)

1. Общая геология.

Геологическое строение платиноносного Тагильского района, где за последние годы исследовались мною коренные месторождения платины, довольно хорошо изучено.

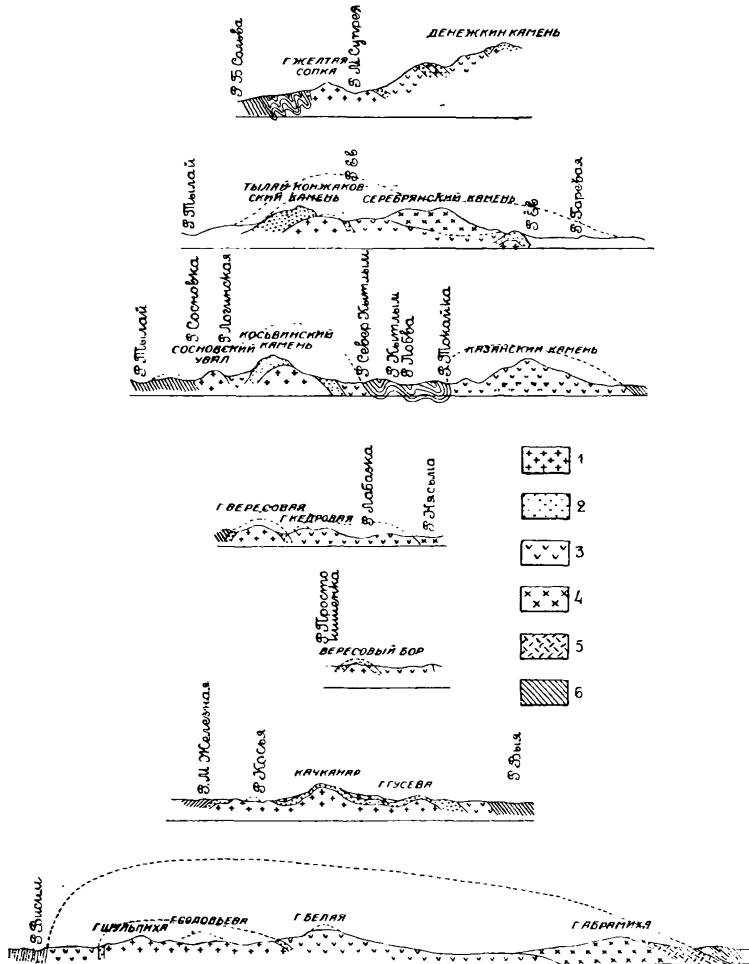
Как известно, Тагильский дунитовый массив, служащий вместилищем этих месторождений, является одним из десяти подобных массивов самым крупным по размерам. Эти массивы располагаются, как отдельные центры, около западной окраины широкой зоны габбровых пород, тянувшейся вдоль Урала на протяжении, известном более чем на 600 км. в длину (фиг. 1). Зона эта то суживается, то расширяется. По ее восточной окраине местами появляются кислые глубинные породы гранитового типа и, промежуточные между ними и габбровыми породами, диориты. Все эти породы от дунитов до гранитов образуют, по всей вероятности, единый плутонический комплекс пород, генетически между собою связанных. Основная черта этого комплекса—преобладание пород габбрового типа над всеми остальными. Конечно, застывание разных пород здесь происходило не одновременно, иногда более кислые породы внедряются в более основные, иногда отношения обратные и более сложные, но нет пока достаточных оснований видеть в породах этого комплекса две разные и независимые формации.

Все эти породы были предметом детальных исследований Н. К. Высоцкого, Л. Дюпрака и Ф. Ю. Левинсон-Лессинга и отчасти моих, и в петрографическом отношении они изучены весьма детально. Из взаимных их отношений особенно характерным является расположение разных основных пород в платиноносных районах. Дунитовые платиноносные массивы более или менее правильных овальных очертаний окружены поясом пироксенитов, то сплошным, то прерывающимся, то достигающим чрезвычайного развития по сравнению с ничтожными размерами дунитового массива. Иногда последний совсем исчезает. Этот пироксенитовый пояс располагается, таким образом, вокруг дунитового центра, между



Фиг. 1. 1—габбро (и др. полевошпатовые породы) платиноносного плутонического комплекса, 2—дунит, 3—пироксенит, 4—основные глубинные изверженные породы, не относящиеся к платиноносной зоне, 5—западная граница распространения кристаллических пород Урала, 6—восточная граница третичных отложений.

ним и габбро. Такие геологические соотношения можно истолковать, допуская куполообразное строение дунитовых массивов, в которых дунит занимает центральную и нижнюю часть тела, пироксенит — периферическую и более верхнюю, и еще выше следует габбро. При таком



Фиг. 2. Геологические профили через дунитовые массивы Урала. 1—дунит, 2—пироксенит, 3—габбро, 4—диорит, 5—гранодиорит и гранит, 6—древняя толща вулканических и осадочных пород.

построении кислые породы — диориты и граниты — оказываются в самой верхней части сложенного таким образом комплекса. Эта простая схема иногда усложняется отдельными, сравнительно небольшими массами основных пород: дунита, перидотитов и пироксенитов, залегающими среди габбро как бы на разных уровнях.

На фиг. 2 представлены поперечные геологические разрезы через все дунитовые массивы, построенные на основании опубликованных разными авторами геологических карт и тех непосредственных наблюдений, которые можно сделать на месте.

Нужно сказать, что внутренняя структура рассматриваемого плутонического комплекса еще не достаточно изучена, и это изучение несомненно может помочь выяснению вопроса об общем его строении и залегании. Этого вопроса я касался в своих докладах на Геологическом Съезде в 1922 г. и в статье, посвященной рассмотрению развития вулканического цикла на Урале¹⁾. Здесь я не буду возвращаться к этому подробно. Я напомню лишь, что мне наиболее вероятным представляется интрузивное изверженное происхождение всего комплекса. Вопрос о времени интрузии остается открытым. Кажется довольно вероятным, что интрузией и формированием нашего плутонического комплекса закончился длительный период вулканической деятельности, имевшей место на Урале в девонское время. К сожалению, верхний предел времени интрузии остается не определенным, так как здесь отсутствуют более молодые породы, чем породы девонской системы. К последней относятся здесь образования так называемой „туфово-сланцевой толщи“, сложенной из эфузивных изверженных пород, вулканических туфов и отчасти пород осадочных, более или менее метаморфизованных. Соотношения залегания между этими породами и плутоническим комплексом платиноносных районов также еще не достаточно выяснены.

Мы в последнее время пытались подойти к изучению формы залегания платиноносного изверженного комплекса еще одним путем. В докладе на том же Геологическом Съезде и в статье, напечатанной в Гornом Журнале в 1924 г., я выдвигал задачу гравиметрических исследований в платиноносном Тагильском районе. Летом 1924 г. одновременно два научных института занялись этими исследованиями. Работы Астрономо-Геодезического Института заключались в определении напряжения силы тяжести по наблюдениям над качаниями маятника в приборе Штюкката; работы Института Прикладной Геофизики производились с вариометром Этвеша, дающим, как известно, величину изменения в напряжении силы тяжести при перемещении по поверхности от одной точки к другой $\frac{dg}{dx}$, откуда величина g может быть получена интегрированием. Результаты наблюдений над качанием маятника менее точны, но они дают непосредственно нужные нам указания, как в отношении определения размеров, так и других данных относительно залегания всего изверженного комплекса; работы с вариометром, гораздо более сложные, чем работы с маятником, пока не прибавили к результатам последних существенно нового. Выводы, которые были сделаны А. Гижуком²⁾ из работ Астрономо-Геодезического Института, могут быть сведены в такой форме: примерно на

¹⁾ Изв. Геол. Ком., 1924 г., т. XLIII, № 3.

²⁾ Бюллетень Астрономического Института, 1925 г., № 9.

границе между осадочными породами западного склона Урала и нашим изверженным комплексом замечается резкое возрастание положительных аномалий силы тяжести. Это возрастание можно всего проще объяснить существованием к востоку от перегиба кривой аномалии силы тяжести более плотных масс, удельный вес которых отличается на 0,25—0,30 от удельного веса пород, находящихся к западу. Такие тяжелые массы простираются вглубь не менее чем на 10 км. и с запада ограничены круто падающей поверхностью. При допущении более значительной разницы в плотностях намечающихся таким образом двух серий пород не удается удовлетворительно объяснить ход кривой аномалии силы тяжести таким простым допущением. Из последнего обстоятельства можно сделать заключение, что гравиметрические исследования дают указание на присутствие тяжелых габбровых или зеленокаменных масс. Удельный вес дунита, за исключением его более легкого озмеевикованного поверхностного слоя толщиной в 400 м., присутствие которого не меняет существенно дела, равняется около 3,25, т.-е. не менее чем на 0,6 выше удельного веса осадочных пород. Поэтому на основании выводов А. Гижигского, сделанных из гравиметрических наблюдений, представляется невероятным, что на значительную глубину (10 км.) простирается дунит. Требующаяся для объяснений аномалии разница в плотностях (0,25—0,30) примерно в два раза меньше, чем это мы имели бы в случае дунитовой массы, и нужно думать, что последняя имеет ограниченные размеры.

Гравиметрические исследования не решают еще вопроса о глубине залегания дунита, но, повидимому, не противоречат тем построениям, которые делались нами раньше в предположении лакколитового залегания габбро-перидотитового массива с габбровыми батолитовыми корнями его. Возможно также допущение и тектонической границы (сброса), но при условии залегания под дунитом масс более легких (габбровых). Во всяком случае гипотеза дунитового массива, сохраняющего свой состав на очень значительную глубину или даже бездоиного, как батолит, является неправдоподобной.

Обращаясь к нашему дунитовому массиву, прежде всего надо отметить, что Тагильский массив является самым крупным из всех других. Но, помимо своей величины, он обнаруживает еще одно любопытное отличие. Во всех других дунитовых массивах мы встречаемся с многочисленными жильными горными породами, пересекающими в разных направлениях массу дунита. Такие жильные породы почти совершенно отсутствуют в Тагильском массиве. Этот замечательный факт заставил меня предпринять специальные экскурсии, во время которых были осмотрены все дунитовые массивы Урала и собран материал для изучения жильной формации. На основании сделанных наблюдений можно предполагать, что указанная особенность Тагильского массива, повидимому, не случайна. Жильные породы, рассекающие дунитовые массивы, разнообразны, но все они, повидимому, имеют общее происхождение: они являются продуктами более или менее далеко зашедшей реакции между аплитовой или пегматитовой магмой и веществом самого дунита.

Наиболее типичными для дунитовых массивов являются следующие жильные породы: жильные пироксениты, иситы, габбро-пегматиты, плагиоплиты и альбититы. Жильные пироксениты образуют тонкие жилки, иногда такие, что одно зерно минерала занимает всю толщу жилки. Жилки иногда прерываются. Они обнаруживают признаки, указывающие на метасоматическое развитие пироксена в теле дунита вдоль путей проникновения каких-то весьма подвижных растворов. Иситы, как известно, представляют меланократовые породы, состоящие существенно из роговой обманки, к которой присоединяется небольшое количество плагиоклаза. В некоторых случаях они образованы из одной только роговой обманки; в этих случаях по минералогическому составу, а часто и по структуре они не отличаются от некоторых роговообманковых кайм реакции, окружающих включения пироксенитов и перидотитов в пегматитовых и плагиоплитовых жилах. Плагиоплиты, габбро-пегматиты и альбититы являются породами, близкими к тем десилицированным пегматитам, которые возникают при взаимодействии пегматитовых растворов с ультраосновными породами и были описаны во многих местах разным авторами.

Таким образом, образование жильных пород дунитовых массивов связано с проникновением в них подвижной пегматитовой магмы, реагировавшей на вмещающую породу и дававшей начало продуктам реакции, значительно отличающимся по составу от первоначальной магмы. Эта магма, представляющая последние продукты кристаллизации всего комплекса, проникала в дунит по трещинам из более высоких, еще не вполне застывших частей массива, а эти трещины локализировались в верхних и притом апикальных частях дунитовых куполов. Образующиеся таким образом тонкие жилки секущих дунит пород не проникали глубоко внутрь массива; они сохранились там, где эрозия не захватила глубоко его массу. В Тагильском районе эти части смыты. Отсутствие жильных пород в нем есть следствие более глубокого размыва, и с этим же связана и более широкая площадь обнажения, отвечающая более низким сечениям такой расширяющейся книзу массы.

Каковы бы ни были наши представления о происхождении месторождений платины, вопрос о глубине, на которой происходили процессы их образования, имеет первостепенное значение. Этой глубиной определяются термодинамические условия этих процессов, те факторы равновесия (температура и давление), которыми регулируются вообще процессы петрогенезиса и рудообразования. К этому вопросу нам придется вернуться еще ниже, первой же задачей на очереди при изучении месторождений является изучение материнской породы месторождений, дунита, с которой они так тесно связаны.

2.Петрографические особенности дунитового массива.

Совершенно очевидно, что образование дунитовых масс, к которым практически исключительно приурочены наши месторождения платины, является первым этапом в истории концентраций этого элемента в массе платиноносного плутонического комплекса, и с этого нам приходится

начать. Известная правильность в расположении различных горных пород этого комплекса соответственно с их относительной плотностью и согласное с этим залегание дунита в глубоких частях массива естественно заставляют обратиться к тем гипотезам, которыми объясняют такое расположение. Это—гипотезы гравитационной магматической дифференциации, которые видят основную причину такого расположения пород в силе тяжести.

Дунит является ярким примером типичной анхимономинеральной породы. Состав среднего нормального дунита: 98 $\frac{1}{2}$ % оливина и 1 $\frac{1}{2}$ % хромита. К этим составным частям породы прибавляется еще вторичный минерал — серпентин, замещающий оливин, развиваясь на его месте. В тех дунитах, которые мы знали до сих пор на поверхности, количество серпентина достигает нередко 50% и даже больше; поэтому удельный вес такого дунита равен около 2,7. Но, как мне уже приходилось указывать в другом месте ¹⁾, серпентинизация не может простираться на значительную глубину, и присутствие серпентина не является необходимым свойством дунита. Это теоретическое представление в полной мере оправдывается теми данными, которые получены при глубоком бурении в Тагильском массиве. На глубине около 400—450 м. озмееvikование исчезает, и глубже дунит состоит только из оливина и небольшой примеси хромита. Эзмеевик встречается только изредка в виде тонких жилочек, пересекающих породу. Удельный вес дунита здесь около 3,25. Не нужно думать, однако, что это доказывает поверхностное происхождение серпентинизации под влиянием действия атмосферных вод. Если даже этот процесс обязан своим происхождением магматическим водам, он должен был бы прекратиться на некоторой глубине под действием возрастающего давления.

Благодаря отсутствию серпентинизации на глубине, дунит из скважины значительно отличается, и по внешнему виду, и по микроскопическому строению, от дунита с поверхности. Фиг. 1 и 2 на табл. I представляют соответственно микрофотографии дунита с поверхности и с глубины 600 м. В первом образце видны только остатки оливина среди серпентиновой массы; во втором вся масса породы сложена оливином.

В остальных отношениях дунит, изученный теперь до глубины 600 м., не изменяется. Состав оливина совершенно одинаков с тем, какой мы имеем и на поверхности; он содержит около 8,0% FeO и 0,3% NiO . Одинаковы и его оптические свойства ²⁾:

$$2V = 84 - 85^\circ, Ng = 1,690, Nm = 1,669, N\rho = 1,652, \\ Ng - N\rho = 0,037 - 0,039.$$

Анализ дунита с глубины 500 м.:

SiO_2	40,03%	Fe_2O_3	нет	CaO	нет
TiO_2	нет	FeO	8,29%	MgO	48,8%
Al_2O_3	0,57 "	MnO	0,06 "	Плот. при прок.	1,28%.
Cr_2O_3	0,50 "	NiO	0,29 "		

1) Горный Журнал, 1924 г.

2) Вестник Геол. Ком., 1925 г., № 4.

Совершенно исключительный интерес представляет вопрос о содержании хрома в дуните. Трудно, конечно, делать заключения из данных одной скважины, но как будто бы они указывают, что с глубиной содержание этого элемента в дуните не изменяется: те же 0,5% окиси хрома, которые дают средние образцы из скважины, характерны и для среднего дунита на поверхности. Специальные работы были поставлены для выяснения содержания хромита на поверхности обнажения дунитового массива. Для этого была начата систематическая расшурфовка и опробование дунита в этом отношении. К сожалению, эти работы мало продвинулись вперед и производились с мало совершенными техническими средствами. Однако, все же как будто грубо намечается зона, в которую попадают и все известные месторождения платины, отличающиеся вообще несколько повышенным содержанием хромита в дуните, и как будто бы очертания этой зоны следуют концентрически границам массива. Вообще же содержание хромита в породе неравномерное, и новые работы не позволяют еще сделать какие-либо определенные заключения. Мы могли лишь убедиться, что до глубины 600 м., как и везде на поверхности обнажения, вне тех спорадических сегрегаций хромистого железняка, которые содержат главным образом платину, дунит, еще не затронутый позднейшей серпентинизацией, должен представлять необыкновенно однообразную, почти мономинеральную породу, сложенную на 99 или 98% из зерен магнезиального оливина.

Согласно некоторым авторам, такое накопление зерен, образующих ахимономинеральные изверженные породы, могло произойти путем скопления в нижних частях магматического бассейна выделяющихся из магмы кристаллов. Согласно этому взгляду, дунит никогда не представлял расплавленной огненно-жидкой магмы. Однако, уже прежние данные заставляли сильно сомневаться в правильности такого представления. Указывались такие факты, как залегание дунита в виде жилообразных масс среди других пород, как будто свидетельствующее о его способности к интрузии. Непонятным с точки зрения аккумулятивного образования дунита из твердых кристаллов является и резко выраженная приуроченность нахождения хромита к этой породе, а также и самая связь платины с дунитом. Поэтому было и другое мнение, согласно которому существует настоящая дунитовая магма, представляющая расплав оливинового вещества с растворенными в нем другими составными частями, как это имеет место в настоящей магме.

Исследования последних лет дают и другие наблюдения в пользу такого взгляда.

Одним из весьма важных фактов, обнаруженных нами в последнее время, была находка в дуните настоящих миаролитовых пустот. Правда, они редки и были встречены в немногих местах при разведке месторождений платины. Чаще других они попадаются в Крутом логу. Это полости, доходящие до сантиметра и иногда даже несколько больше в поперечнике, ограниченные очертаниями хорошо образованных кристаллов оливина, на которые иногда нарастают кристаллы уваровита,

хлоритовых минералов, хром-веzuвиана и хром-диопсида. Остающееся от них пространство заполнено аморфным изотропным или почти изотропным змеевиковым веществом. На табл. I, фиг. 3 и 4, мы даем микрофотографии сечений двух таких пустот, увеличенных в 7 раз. Видны хорошо очертания кристаллов оливина, ограничивающих эти полости; оливин сильно серпентинизирован, и петельчатая структура, возникающая при этом, отчетливо выступает на снимках. И в той, и в другой полости на стенке иаросли довольно крупные кристаллы уваровита, разбитые трещинами, которые заполнены тем же змеевиковым веществом, какое выполняет и всю полость миаролитовых пустот. Возникновение миаролитовых полостей, как известно, объясняется присутствием в расплавленной жидкой магме, из которой кристаллизуется порода, газов, выделяющихся при кристаллизации, и возникновение таких полостей необъяснимо при гипотезе образования дунита путем аккумуляции твердых кристаллов. Эти миаролитовые пустоты, кроме того, важны еще как указатель того, что дунитовую магму нельзя себе представлять, как совершенно „сухой“ силикатовый расплав. Это была настоящая магма с растворенными в ней летучими веществами. Минералы миаролитовых пустот также чрезвычайно типичны: это группа высокотемпературных минералов, общих процессам пневматолиза и термального метаморфизма, как это и вообще характерно для таких образований.

Указания на присутствие летучих составных частей в дунитовой магме можно видеть и в весьма любопытном факте, обнаруженном при бурении глубокой скважины в этой породе. По достижении глубины 600 м. было замечено усиленное выделение газа, настолько энергичное, что вода из скважины была выброшена. Это выделение газа затем быстро ослабело и недели через 2 совсем почти прекратилось. Анализ этого газа дал такой состав:

Водород (H_2)	66,5 %
Азот (N_2) + редк. газы .	20,7 "
Метан (CH_4)	9,5 "
Кислород (O_2)	3,3 "
Сумма редких газов . . .	0,22 "
Гелий (He)	нет.

Принимая во внимание, что кислород и часть азота могли попасть из воздуха, по исключении их состав газа получится таким: около 80% водорода и остальное примерно поровну метан и азот.

Характер выделения газа, обладавшего давлением достаточным, чтобы выбросить воду из скважины (около 60 атм.), и быстрое ослабевание его выделения говорят, повидимому, за то, что отверстие скважины пришло в сообщение с какой-то полостью в дуните, наполненной газом, находящимся под значительным давлением. Мы уже видели, что в дуните встречаются миаролитовые полости; какие-то пустоты или трещины замечались во время бурения техническими руководителями этой работы, но, конечно, трудно выяснить, что эти пустоты представляют. Кроме этих пустот, в оливине дунита с больших глубин иногда замечаются включения мельчайших микроскопических пузырьков, но едва ли такие

включения могли дать значительное скопление газа. Кроме глубины 600 м., слабое выделение газа в форме слабого вскипания воды, выходящей из скважины при промывке, замечалось на глубине 400—450 м., но газ тогда приняли за выделяющийся воздух, засосанный на глубину с водой.

Таким образом, в числе элементов, входивших в состав веществ, растворенных в магнезиальном силикатовом дунитовом расплаве, были легкие элементы *H*, *N*, *C*. Кроме того, сюда надо присоединить кислород и серу, входящие в состав различных минералов, а из тяжелых элементов, кроме железа, хрома, платины и платиновых металлов, более обычными являются никель, входящий, как мы видели, в состав оливина, и медь, довольно обычная около некоторых платиновых месторождений. Остальные элементы являются весьма редкими, и мы не знаем, в какой форме они встречаются в наших месторождениях.

Как мы увидим ниже, месторождения платины представляют образования, где резко выражена в определенных пунктах концентрация некоторых из перечисленных тяжелых элементов, при чем эта концентрация не связана с приносом их извне, но произошла из самой дунитовой магмы, и познание природы этой магмы совершенно необходимо для понимания самих месторождений.

Говоря о петрографических особенностях дунита, нельзя не коснуться еще одной особенности этой породы, именно распределения в нем серпентинизации. Детальное картирование массива, выполненное В. М. Сергиевским и другими моими учениками и сотрудниками, значительно пополнило наши представления об этом процессе. При таком картировании мы пытались разделить разновидности дунита, более и менее сильно серпентинизированные, и выделить те плотные темные серпентины, которые уже по наружному виду отличаются от обычного дунита и залегают среди него в виде полос или жилообразных масс („черные змеевики“). Установлено, что эти полосы, иногда достигающие в длину до 2 км., иногда же очень короткие и даже микроскопические, тянутся среди дунитов главным образом в двух направлениях: северо-западном и юго-восточном. Некоторые из них сопровождаются своеобразным карбонатизированным змеевиком, представляющим серпентин с вкраплениями мелко рассеянного в нем бурого шпата. Микроскопическое изучение показывает, однако, что такие зоны черного змеевика также произошли путем изменения дунита, но совершенно утратили следы реликтовой петельчатой текстуры, столь характерной для хризотиловых серпентинов, происходящих из дунита. Я вижу в полосах этих черных серпентинов зоны озмееvikования, происходившего при участии давления вдоль некоторых тектонических направлений, отмеченных раздроблением породы. В дунитовом массиве эти направления (NW и NE) представляли диагональные трещины по отношению к направлению давления. При этом, судя по расположению вкрапленности хромита и другим признакам, давление, вызывавшее эти трещины, было ориентировано в широтном направлении. В диагональных направлениях (NW и NE) вытягиваются также участки более сильно озмееvikованного дунита, широ-